

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

Kyoto MATSUDA
et al.
October 31, 2003
BSK10, LLP
(703) 205-8000
0033-0907 P
20f2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 8月 7日
Date of Application:

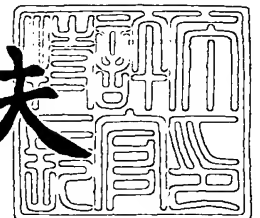
出願番号 特願2003-206544
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-206544]

出願人 シャープ株式会社
Applicant(s):

2003年 9月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3074822

【書類名】 特許願

【整理番号】 1031098

【提出日】 平成15年 8月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/062

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 松田 京子

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 奥村 敏之

【特許出願人】

 【識別番号】 000005049

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

 【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100064746

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 深見 久郎

【選任した代理人】

 【識別番号】 100085132

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 森田 俊雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100083703

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 仲村 義平

【選任した代理人】

【識別番号】 100096781

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀井 豊

【選任した代理人】

【識別番号】 100098316

【弁理士】

【氏名又は名称】 野田 久登

【選任した代理人】

【識別番号】 100109162

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 將行

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-327148

【出願日】 平成14年11月11日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208500

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ、半導体レーザ駆動装置、および半導体レーザ駆動方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 変調光出力によって戻り光雑音を低減させる半導体レーザであって、

前記半導体レーザが双安定状態を満足するように光増幅領域および可飽和吸収領域が形成された活性層と、

第 1 の極性の電極と、

前記第 1 の極性の電極に対して設けられた第 2 の極性の電極とを備え、

前記第 1 の極性の電極および前記第 2 の極性の電極の少なくとも一方は、前記光増幅領域および前記可飽和吸収領域に対して電流をそれぞれ独立に注入できるように分割されている、半導体レーザ。

【請求項 2】 前記活性層は、可飽和吸収領域の両側に 2 つの光増幅領域が形成され、

前記 2 つの光増幅領域は、それぞれが前記半導体レーザの出射面を有する、請求項 1 に記載の半導体レーザ。

【請求項 3】 前記電流は、変調電流と雑音電流とを重ね合わせることで生成され、

前記変調電流および前記雑音電流の強度は、前記変調光出力の振幅が大きく、かつ戻り光雑音の低減効果が得られるように相互に調整されている、請求項 1 に記載の半導体レーザ。

【請求項 4】 前記変調電流は矩形波である、請求項 3 に記載の半導体レーザ。

【請求項 5】 前記雑音電流はランダムな強度変化を有する、請求項 3 に記載の半導体レーザ。

【請求項 6】 前記可飽和吸収領域の共振器方向に占める長さの割合は、1 % 以上であり、かつ 5 0 % 以下である、請求項 3 に記載の半導体レーザ。

【請求項 7】 前記雑音電流の最大値と最小値との差は、前記光増幅領域に

注入される前記変調電流の振幅以下である、請求項 3 に記載の半導体レーザ。

【請求項 8】 基板上に形成されたバッファ層と、

前記バッファ層上に、切れ込み部をともなって形成された第 1 の導電型のコンタクト層と、

前記第 1 の導電型のコンタクト層上に、前記切れ込み部によって分離されて形成された第 1 の導電型の第 1 および第 2 の電極と、

前記第 1 の導電型のコンタクト層上に、前記切れ込み部によって分離されずに形成された第 1 の導電型のクラッド層と、

前記第 1 の導電型のクラッド層上に形成された活性層と、

前記活性層上に形成された第 2 の導電型のクラッド層と、

前記第 2 の導電型のクラッド層上に互いに分離して形成された、第 2 の導電型の第 1 および第 2 のコンタクト層と、

前記第 2 の導電型の第 1 のコンタクト層上に形成された、第 2 の導電型の第 1 の電極と、

前記第 2 の導電型の第 2 のコンタクト層上に形成された、第 2 の導電型の第 2 の電極とを備える、半導体レーザ。

【請求項 9】 前記基板は、サファイヤにより構成され、

前記バッファ層は、GaN により構成され、

前記第 1 の導電型のコンタクト層は、GaN により構成され、

前記活性層は、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層とからなる多重量子井戸構造を有し、

前記第 2 の導電型のコンタクト層は、GaN により構成される、請求項 8 に記載の半導体レーザ。

【請求項 10】 変調光出力によって戻り光雑音を低減させる半導体レーザを駆動する半導体レーザ駆動装置であって、

前記半導体レーザと、

前記半導体レーザに変調電流を供給する変調電流供給回路と、

前記半導体レーザに雑音電流を供給する雑音電流供給回路とを備え、

前記半導体レーザは、

前記半導体レーザが双安定状態を満足するように光増幅領域および可飽和吸収領域が形成された活性層と、

第 1 の極性の電極と、

前記第 1 の極性の電極に対して設けられた第 2 の極性の電極とを含み、

前記第 1 の極性の電極および前記第 2 の極性の電極の少なくとも一方は、前記光増幅領域および前記可飽和吸収領域に対して電流をそれぞれ独立に注入できるように分割されている、半導体レーザ駆動装置。

【請求項 1 1】 前記活性層は、可飽和吸収領域の両側に 2 つの光増幅領域が形成され、

前記 2 つの光増幅領域は、それぞれが前記半導体レーザの出射面を有し、

前記半導体レーザの一方の出射面からの出力光の制御に利用するために、前記半導体レーザの他方の出射面からの出力光をモニタするモニタ部をさらに備える、請求項 1 0 に記載の半導体レーザ駆動装置。

【請求項 1 2】 前記電流は、前記変調電流と前記雑音電流とを重ね合わせることにより生成され、

前記変調電流および前記雑音電流の強度は、前記変調光出力の振幅が大きく、かつ戻り光雑音の低減効果が得られるように相互に調整されている、請求項 1 0 に記載の半導体レーザ駆動装置。

【請求項 1 3】 前記変調電流は矩形波である、請求項 1 0 に記載の半導体レーザ駆動装置。

【請求項 1 4】 前記雑音電流はランダムな強度変化を有する、請求項 1 0 に記載の半導体レーザ駆動装置。

【請求項 1 5】 前記雑音電流の最大値と最小値との差は、前記光増幅領域に注入される前記変調電流の振幅以下である、請求項 1 0 に記載の半導体レーザ駆動装置。

【請求項 1 6】 前記雑音電流供給回路は、
前記半導体レーザからの出力光を電気信号に変換する光電変換素子と、
前記光電変換素子から出力された電気信号のうち、前記変調電流の変調周波数よりも高い周波数成分のみを抽出するハイパスフィルタと、

前記ハイパスフィルタによって抽出された高周波成分の電気信号を調整し、前記雑音電流として前記半導体レーザに注入するプリアンプとを含む、請求項 10 に記載の半導体レーザ駆動装置。

【請求項 17】 前記変調電流と前記雑音電流とを結合し、前記半導体レーザの光増幅領域へと注入する結合器と、

前記半導体レーザの可飽和吸収領域に定電流を注入する定電流供給回路とをさらに備える、請求項 10 に記載の半導体レーザ駆動装置。

【請求項 18】 変調光出力によって戻り光雑音を低減させる半導体レーザを駆動する半導体レーザ駆動方法であって、

前記半導体レーザからの出力光を電気信号に変換するステップと、

前記電気信号のうち、前記半導体レーザに注入する変調電流の変調周波数よりも高い周波数成分のみを抽出するステップと、

前記抽出された高周波成分の電気信号を調整し、前記半導体レーザに注入する雑音電流として前記半導体レーザに注入するステップとを備える、半導体レーザ駆動方法。

【請求項 19】 前記雑音電流の最大値と最小値との差は、前記光増幅領域に注入される前記変調電流の振幅以下である、請求項 18 に記載の半導体レーザ駆動方法。

【請求項 20】 変調光出力によって戻り光雑音を低減させる半導体レーザを駆動する半導体レーザ駆動方法であって、

変調電流と雑音電流とを結合し、前記半導体レーザの光増幅領域へと注入するステップと、

前記半導体レーザの可飽和吸収領域に定電流を注入するステップとを備える、半導体レーザ駆動方法。

【請求項 21】 前記雑音電流の最大値と最小値との差は、前記光増幅領域に注入される前記変調電流の振幅以下である、請求項 20 に記載の半導体レーザ駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、半導体レーザ、半導体レーザ駆動装置、および半導体レーザ駆動方法に関し、より特定的には、変調光出力によって戻り光雑音を低減させる半導体レーザ、半導体レーザ駆動装置、および半導体レーザ駆動方法に関する。

【0 0 0 2】**【従来の技術】**

半導体レーザは、単色性および指向性に優れ、光ディスクのピットを読み取るのに必要な十分小さいスポットサイズを得ることができるため、光ディスク用の光源として利用されている。しかしながら、多層構造をもつDVD (Digital Versatile Disk) などの高密度記録媒体においては、読み込み時にも8mW以上の高出力が要求されるため、従来の赤色半導体レーザを使用することは不可能になっていた。

【0 0 0 3】

これに対し、波長が短くしかも高出力を得られる窒化物半導体レーザは、DVDなどの高密度記録媒体用に向いているので、赤色半導体レーザに代わる有力なピックアップ素子として開発が推進されている。

【0 0 0 4】

こうしたピックアップ素子では、レーザから出射された光が記録媒体であるディスク表面や光学系などで反射することにより、出射光の一部がレーザに帰還する。このようにしてレーザに帰還する光は「戻り光」と呼ばれており、戻り光とレーザ出射光とが互いに干渉することで、情報再生時に雑音が生じてしまう。

【0 0 0 5】

この「戻り光雑音」を低減するには、光出力の強度を周期的に変動させることで、半導体レーザの可干渉性を低減させる方法が有効である。以下では、光強度が周期的に変動している光出力を「変調光出力」と呼ぶ。

【0 0 0 6】

変調光出力を得るため、レーザの自励発振（パルセーション）を意図的に起こす技術が一般に使われている。自励発振は、レーザにたとえば以下のような特別な構造を与えることにより発生させることができる。

【 0 0 0 7 】

光増幅領域と呼ばれる活性層内部の利得領域の周囲に、可飽和吸収領域と呼ばれる光吸収効果をもつ領域を形成する。その結果、活性層のキャリアおよび発振光に対して可飽和吸収領域による光のQスイッチ効果が働き、自励発振が発生する。

【 0 0 0 8 】

よって、上記の構造を持つレーザの活性層に閾値以上の一定電流を注入することにより自励発振を意図的に起こすことができ、変調光出力が得られる。

【 0 0 0 9 】

図 1 1 は、従来の自励発振型半導体レーザの構造の一例を示した断面図である。

【 0 0 1 0 】

図 1 1 に示した従来の自励発振型半導体レーザ素子は、n 型 G a A s 基板 1 0 3 上に、n 型 G a A s バッファ層 1 0 4、n 型 A l G a I n P クラッド層 1 0 5、G a I n P 活性層 1 0 6、p 型 A l G a I n P クラッド層 1 0 7、p 型 G a I n P 中間層 1 0 8、および p 型 G a A s コンタクト層 1 0 9 を順に備えている。

【 0 0 1 1 】

上記の p 型 A l G a I n P クラッド層 1 0 7、p 型 G a I n P 中間層 1 0 8、および p 型 G a A s コンタクト層 1 0 9 は、ストライプ状のリッジ 1 1 0 を構成しており、このリッジ 1 1 0 の両側に n 型 G a A s 埋め込み層 1 1 1、1 1 2 が設けられている。素子の表面側には p 電極 1 0 1、素子の裏面側には n 電極 1 0 2 がそれぞれ設けられており、共に分割されていない。

【 0 0 1 2 】

この素子では、活性層 1 0 6 上のクラッド層 1 0 7 にリッジ 1 1 0 を設けて、電流注入量の異なる領域を作り出すことにより、利得領域の周囲に可飽和吸収領域を作り出し、自励発振を得ている。

【 0 0 1 3 】

このとき注入電流は、p 電極 1 0 1 からリッジ 1 1 0 の内側を通して活性層に注入され、n 電極 1 0 2 へと流れる。リッジ直下の主に電流の注入される部分が

光増幅領域 113、その周囲の、電流が少なく注入される部分が可飽和吸収領域 114、115としてそれぞれ機能し、自励発振を発生させる。

【0014】

ただし、こうした素子では、リッジ構造の幅やクラッド層の厚さなど、自励発振を起こせる素子構造の各種パラメータを決定する必要があり、さらに得られた条件を満たすよう精度よく作製せねば自励発振は得られない。

【0015】

この図 11 に示された従来例と同様に、電流が少なく注入される領域（電流非注入領域）を可飽和吸収領域として作用させる窒化物半導体レーザ素子の従来例を図 12 に示す。

【0016】

図 12 は、従来の窒化物半導体レーザ素子の構造を表す断面図である。（たとえば、特許文献 1 参照）

図 12 に示した従来の窒化物半導体レーザ素子は、サファイア基板 121 上に、GaN からなる厚さ $4.5\ \mu\text{m}$ の n 型コンタクト層 122、 $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ からなる厚さ $0.8\ \mu\text{m}$ の n 型クラッド層 123、多重量子井戸構造を有する活性層 124、 $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ からなる厚さ $0.8\ \mu\text{m}$ の p 型クラッド層 125、 $\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c}\text{N}$ からなる n 型電流狭窄層 126、127、および GaN からなる厚さ $0.05\ \mu\text{m}$ の p 型コンタクト層 128 を積層することにより構成されている。

【0017】

p 型クラッド層 125 は、活性層 124 の表面を覆って形成された平坦部 125a と、平坦部 125a の中央部に上向きに突設された下段ストライプ部 125b および上段ストライプ部 125c からなる二段ストライプ部とから構成されている。二段ストライプ部の上面は p 型コンタクト層 128 と接触し、その両側面は n 型電流狭窄層 126、127 と接触している。ここで、上段ストライプ部 125c の幅は、下段ストライプ部 125b の幅よりも小さく形成されている。

【0018】

n 型コンタクト層 122 の上には n 電極 129 が設置され、p 型コンタクト層

128の上にはp電極130が設置されている。また、活性層124は、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ からなる厚さ8nmの井戸層と、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ からなる厚さ16nmの障壁層とを交互に積層したものである。なお、図12に示す素子構造においては、 $\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c}\text{N}$ からなるn型電流狭窄層126、127の屈折率は、 $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ からなるp型クラッド層125の屈折率よりも低く設定され($0 < a < c \leq 1$)、これによって実屈折率導波型構造が実現されている。

【0019】

この従来の窒化物半導体レーザ素子では、電流が少なく注入される領域を可飽和吸収領域として効率的に作用させるため、電流注入のリッジ幅とレーザ光の横モードの広がり幅とを変えるようにリッジが形成されている。なお、この窒化物半導体レーザでは、p電極130とn電極129とはいずれも分割されていない。p電極130はp型コンタクト層128の上表面に、n電極129はn型コンタクト層122の上表面にそれぞれ作りつけられており、1対の電極として形成されている。

【0020】

上述のように電流非注入領域を可飽和吸収領域として作用させる方法のほかに、素子作製時に可飽和吸収領域と光増幅領域とをあらかじめ設けておく方法もある。この場合、キャリア寿命や微分利得を自励発振状態を満たしたパラメータ条件に合うように不純物の添加によって調整し、可飽和吸収領域となる層と光増幅領域となる層とを作製する。このような自励発振型半導体レーザの従来例を図13に示す。

【0021】

図13は、従来の自励発振型半導体レーザ素子の構造を表す断面図である。(たとえば、特許文献2参照)

図13に示した従来の自励発振型半導体レーザ素子は、n電極141、n型GaAs基板142、n型AlGaInPクラッド層143、n型AlGaInP可飽和吸収層144、n型AlGaInPクラッド層145、AlGaInP活性層146、p型AlGaInPクラッド層147、p型AlGaInP可飽和吸収層148、p型AlGaInPクラッド層149、n型GaAs電流ブロッ

ク層 150、151、p 型 GaAs コンタクト層 152、および p 電極 153 を順に備えている。

【0022】

この素子では、光吸収効果をもつ可飽和吸収層 144、148 をレーザ内部に備え、この可飽和吸収層 144、148 のキャリアと、光増幅領域である活性層 146 のキャリアおよび発振光とが協同して自励発振を引き起こす。こうした自励発振状態を満たしたレーザでは、直流電流を光増幅領域に注入することにより、周期的な強度変化を有する光出力を得ることができる。

【0023】

ただし、上記のような方法で自励発振を発生させようとする、素子の組成や構造条件が限定される。たとえば、不純物の添加によって可飽和吸収層 144、148 と光増幅領域である活性層 146 とを作りつけるためには、この 2 つの領域のキャリア寿命の値、および微分利得の値を調整せねばならない。

【0024】

これまでは自励発振を利用して光出力の強度を周期的に変動させる方法について例示してきたが、変調光出力を得る他の方法としては、高周波によって変調した電流を注入する高周波重畳法がある。たとえば、特許文献 3 に開示された技術では、レーザの発振閾値電流付近で、動作電流に高周波の変調電流を重畳することによりパルス状の発振をさせている。

【0025】

図 14 は、従来の半導体レーザの動作特性を説明するための図である。（たとえば、特許文献 3 参照）

図 14 (a) は、縦軸が注入電流、横軸が注入電流に応じて得られる光出力を示す、従来の半導体レーザの注入電流—光出力特性曲線である。このような注入電流—光出力特性を有する半導体レーザに対して、図 14 (b) に示すように、発振閾値 I_{th} 以下の電流値と発振閾値 I_{th} 以上の電流値との間で変調される電流を注入することにより、図 14 (c) に示すように半導体レーザの光出力が変調される。

【0026】

この場合、自励発振状態を作りだす必要が無いいため、素子の作製時に可飽和吸収領域と光増幅領域とを構成しなくともよい。また、注入する変調電流の振幅を大きくすることで、得られる変調光出力の振幅を大きくすることができる。

【 0 0 2 7 】

変調光出力を得るさらに他の方法として、光増幅領域と可飽和吸収領域とを有する双安定状態の半導体レーザにおいて可飽和吸収領域に印加する電流または電圧を変動させる方法もある。

【 0 0 2 8 】

図 1 5 は、従来の双安定状態の半導体レーザにおいて光増幅領域への注入電流対光出力の特性を示した図である。

【 0 0 2 9 】

図 1 5 に示すように、従来の双安定状態の半導体レーザでは注入電流と光出力との関係にヒステリシスの特性がみられる。以下では、A で示した実線の経路を辿る状態をヒステリシスの下部、B で示した破線の経路を辿る状態をヒステリシスの上部とそれぞれ呼ぶ。

【 0 0 3 0 】

光増幅領域へのみ電流を注入していくと、図 1 5 に示すように、光出力は A の経路である P 4 から P 1 をたどって増大していく。このとき、光増幅領域で発生した光を吸収することにより可飽和吸収領域でのキャリア濃度が増大していくので、それに伴って可飽和吸収領域の光吸収効果は減少していく。

【 0 0 3 1 】

そして、さらに光増幅領域への注入電流を増していくと光吸収効果が飽和し、注入電流が I_{thON} となったところで光出力が P 1 から P 2 へと急激に増大する。この I_{thON} を本明細書ではヒステリシスの立ち上がり閾値と呼ぶ。

【 0 0 3 2 】

一方、今度は注入電流を減らしていくと、可飽和吸収領域はすぐには光吸収効果を回復できないので、光出力は急激には減らず、B の経路である P 2 から P 3 をたどって緩やかに減少していく。このとき、キャリア濃度と光出力とが減少していくので、それに伴って可飽和吸収領域の光吸収効果が回復する。

【0033】

そして、さらに光増幅領域への注入電流を減少させていくと、光吸収効果が十分回復し、注入電流が I_{thOFF} となったところで光出力が P_3 から P_4 へと急激に減少する。この I_{thOFF} を本明細書ではヒステリシスの立下り閾値と呼ぶ。

【0034】

このヒステリシスの形状は、可飽和吸収領域への電圧印加や電流注入によって変動する。可飽和吸収領域に電圧が印加されるか電流が注入されると、キャリア濃度が増大するので光吸収効果が減少し、ヒステリシス全体が注入電流値の低い側へ移動するため I_{thON} の値が低くなる。よって、可飽和吸収領域の光吸収効果を増減させることにより、発振閾値を変動させることができる。こうした駆動方法の従来例を図16および図17に示す。

【0035】

図16は、従来の双安定状態の半導体レーザ素子の概略的な素子構造を示す断面図である。（たとえば、特許文献4参照）

図16に示した従来の双安定状態の半導体レーザは、GaAs基板上に形成したAlGaAs/GaAs横モード制御型半導体レーザの片側電極を分割して、活性層163中に光増幅領域161と可飽和吸収領域162とを設けている。そして、可飽和吸収領域162に印加する電圧 V_1 、 V_2 の値に応じて光増幅領域161に注入する発振閾値電流を変化させる。すなわち、光増幅領域161に印加するバイアス電流 I_B を V_1 、 V_2 に応じた発振閾値の中間値に設定し、電圧が V_1 、 V_2 と交互に変化する信号電圧 V を可飽和吸収領域162に印加する。

【0036】

図17は、図16に示した従来の双安定状態の半導体レーザの注入電流—光出力特性曲線を示した図である。

【0037】

活性層163内に発振光に対して損失となる可飽和吸収領域162が導入されているため、光増幅領域161のみに電流を注入していくと、ある電流値で非線形的に光出力が増大する。この発振閾値電流 I_{h1} または I_{h2} は、可飽和吸収

領域 1 6 2 の光吸収量に応じて変化し、光吸収量が大きいくほど低下する。可飽和吸収領域に印加する電圧が V_1 から V_2 ($V_1 < V_2$) に上昇したとき、可飽和吸収領域 1 6 2 の光吸収量はそれに応じて増加するので、発振閾値電流は I_{h1} から I_{h2} へと低下する。

【0 0 3 8】

したがって、図 1 6 および図 1 7 に示すように、光増幅領域 1 6 1 に一定のバイアス電流 I_B ($I_{h2} < I_B < I_{h1}$) を注入した状態で、可飽和吸収領域 1 6 2 に電圧が V_1 から V_2 に変化する信号電圧 V を印加することによって、発振閾値電流が I_{h1} と I_{h2} との間を変動し、変調光出力 P を得ることができる。

【0 0 3 9】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 2 8 6 5 0 4 号公報

【0 0 4 0】

【特許文献 2】

特開平 8 - 2 0 4 2 8 2 号公報

【0 0 4 1】

【特許文献 3】

特開昭 6 0 - 3 5 3 4 4 号公報

【0 0 4 2】

【特許文献 4】

特開平 2 - 1 3 7 3 8 3 号公報

【0 0 4 3】

【発明が解決しようとする課題】

図 1 1 から図 1 3 の従来例のように、自励発振状態を利用して変調光出力を得る場合、素子作製時の組成や構造が限定されてしまうという問題がある。

【0 0 4 4】

作製時の組成によって可飽和吸収領域と光増幅領域とを作りつける場合、可飽和吸収領域と光増幅領域とのキャリア寿命の比、および微分利得の比を調整せねばならないが、自励発振状態を満足するパラメータの範囲は狭く、作製の自由度

が低くなってしまう。特に、図 12 の窒化物半導体レーザの場合、窒化物の特性上、微分利得の値を大きく変える事ができないという困難な問題がある。

【0045】

一般に、半導体レーザが自励発振状態となるか双安定状態となるかを決定するのは、可飽和吸収領域と光増幅領域とのキャリア濃度のバランスである。このバランスは、両領域の共振器方向長さの比、キャリア寿命の比、および微分利得の比によって調整することができる。自励発振状態を満たすレーザでは、キャリア寿命は可飽和吸収領域よりも光増幅領域が長く、かつ微分利得は可飽和吸収領域よりも光増幅領域が小さくしなければならない。そのため、微分利得の比とキャリア寿命の比とが特定の範囲内にあることが必要となる。

【0046】

これらの具体的な値は半導体の特性によって異なる。窒化物半導体レーザの場合、可飽和吸収領域と光増幅領域との微分利得の比を GaAs 系などの赤色半導体レーザに比べてより大きくしなければならない。なお、キャリア密度に対する利得特性曲線の傾き、すなわち微分利得が、可飽和吸収領域と光増幅領域とで差が大きいほど容易に自励発振が得られる。

【0047】

これは、可飽和吸収領域においてキャリア密度に対する利得特性曲線の傾きが大きいほど、少ない光の吸収でキャリア密度を変化させることが可能となり、その結果、キャリア濃度の変動が生じやすくなるためである。可飽和吸収領域の内部におけるキャリア濃度の大きな変動が、光吸収効果の変動を促す。しかしながら、窒化物半導体レーザでは、窒化物の特性上、可飽和吸収領域と光増幅領域とで微分利得に変化をつけることは非常に困難である。

【0048】

図 18 は、半導体レーザの可飽和吸収領域および光増幅領域での利得特性曲線を示した図である。実線が GaAs 半導体レーザの利得特性、破線が GaN 半導体レーザの利得特性をそれぞれ示している。

【0049】

GaN 半導体レーザは、赤色半導体レーザに比べてキャリアの有効質量が大き

く、図18に示すように、可飽和吸収領域（吸収領域）と光増幅領域（利得領域）での利得特性の傾きの差が、赤色半導体レーザであるGaAs半導体レーザよりも小さい。したがって、GaN半導体レーザは、利得特性曲線の傾きによって示される微分利得の両領域での比がほぼ1となり、自励発振状態を満たすことができない。さらに、GaN半導体レーザを含む窒化物半導体レーザでは、赤色半導体レーザに比べ、不純物の添加によって微分利得を変化させるのは難しいという問題がある。

【0050】

そのため、窒化物半導体レーザでは、可飽和吸収領域と光増幅領域とが自励発振状態を満たすようにキャリア寿命および微分利得を調整して素子を作製することは物理的に困難となっており、自励発振を発生させることができる素子を確実に作製する方法は未だに確立されていない。

【0051】

また、図12のように、窒化物半導体レーザの素子構造内にリッジを形成することで電流注入量の異なる領域を作りだし、可飽和吸収領域と光増幅領域とを得る場合、リッジの幅とその厚さ、またリッジ境界部分の多層膜の膜厚や、クラッド層の厚さ、エッチング条件など非常に多数でかつ微細な構造条件を最適化しなければならない。さらに、得られた条件に従って極めて精度よく素子を作製する技術が必要となる。

【0052】

ゆえに、図12のようにして自励発振を得ようとする場合、まず多くの条件を確定する作業が必要であり、また条件が得られたとしても素子作製技術が十分でないため製品の歩留まりが低くなるという問題がある。結果として、窒化物半導体レーザでは、自励発振状態を発生する素子の製造法は未だ確立されていないのが現状である。

【0053】

また、図14のように、自励発振状態を利用せずに変調光出力を得る高周波重畳法では、雑音の低減効果を得るために必要な大きさの振幅を持つ光出力を得るために、注入する変調電流の振幅値を大きくしなければならない。そのため、高

密度記録媒体のピックアップ素子に用いる場合などに必要とされる高い光出力を得るには、消費電力や発熱が大きくなってしまいう問題がある。

【0054】

また、図15のように、双安定状態を有する半導体レーザにおいて、可飽和吸収領域に印加する電圧や抵抗値の大小を切り替えることでレーザの発振閾値を調整し、変調光出力を得る方法では、戻り光を低減できる大きい振幅の光出力を得るためには、振幅の大きい電圧や電流を可飽和吸収領域に印加する必要がある。しかし、可飽和吸収領域に振幅の大きい電圧や電流を印加すると、それにともなって高い電圧や電流を印加せねばならない。

【0055】

ゆえに、図15のようにして変調光出力を得ようとする場合、可飽和吸収領域が飽和しやすくなり、光出力の強度変化が小さくなってしまふ。そのため、光出力の振幅が小さくなり、またパルス状の光出力が得られにくくなる。したがって、コヒーレント性が低減されにくくなり、戻り光雑音の除去効果が低くなるという問題がある。

【0056】

これまで挙げてきた従来技術の問題点を整理すると、次のようになる。

多層構造をもつDVDなどの高密度記録媒体においては、読み込み時にも8mW以上の出力が要求されるため、従来のGaAs系自励発振型半導体レーザを使用することは不可能になっていた。

【0057】

この従来の半導体レーザに代わって、次世代のデバイスとして開発が進められている窒化物半導体レーザでは、高出力が得られるものの、自励発振状態の組成条件が狭いため製造しにくい。また、リッジを作り付けて構造的に可飽和吸収領域を作って自励発振状態とする従来の半導体レーザでは、構造条件の特定が困難であり、しかも精度よく作らねば自励発振状態とならないために歩留まりが悪かった。

【0058】

また、注入電流を変調して一時的に発振閾値以下にすることによりパルス状の

光出力を得る従来の半導体レーザでは、戻り光雑音を低減できる大きさの振幅を持つ光出力を得るために、電流の最大値を高くすると変調電流の振幅を必然的に大きくせねばならず、変調回路に大きな負担がかかってしまうという問題があった。

【0059】

また、双安定状態の半導体レーザの可飽和吸収領域に印加する電圧の値を大小切り替えて光出力を変調する従来の半導体レーザでは、高密度記録媒体のピックアップ素子に必要な高い光出力を得るには、レーザの発振閾値を大きく振らなければいけないため、発振閾値が高くなるに伴って光増幅領域に注入する電流値を高く設定せねばならなかった。

【0060】

この発明は、上記の諸問題を解決するためになされたものであり、その目的は、素子構造の作製が容易で、かつ消費電力が小さく、戻り光雑音を低減できる半導体レーザ、半導体レーザ駆動装置、および半導体レーザ駆動方法を提供することである。

【0061】

【課題を解決するための手段】

この発明は、変調光出力によって戻り光雑音を低減させる半導体レーザであって、半導体レーザが双安定状態を満足するように光増幅領域および可飽和吸収領域が形成された活性層と、第1の極性の電極と、第1の極性の電極に対して設けられた第2の極性の電極とを備える。第1の極性の電極および第2の極性の電極の少なくとも一方は、光増幅領域および可飽和吸収領域に対して電流をそれぞれ独立に注入できるように分割されている。

【0062】

好ましくは、活性層は、可飽和吸収領域の両側に2つの光増幅領域が形成され、2つの光増幅領域は、それぞれが半導体レーザの出射面を有する。

【0063】

より好ましくは、電流は、変調電流と雑音電流とを重ね合わせるにより生成され、変調電流および雑音電流の強度は、変調光出力の振幅が大きく、かつ戻

り光雑音の低減効果が得られるように相互に調整されている。

【0 0 6 4】

より好ましくは、変調電流は矩形波である。

より好ましくは、雑音電流はランダムな強度変化を有する。

【0 0 6 5】

より好ましくは、可飽和吸収領域の共振器方向に占める長さの割合は、1 %以上であり、かつ5 0 %以下である。

【0 0 6 6】

より好ましくは、雑音電流の最大値と最小値との差は、光増幅領域に注入される変調電流の振幅以下である。

【0 0 6 7】

この発明の他の局面によれば、基板上に形成されたバッファ層と、バッファ層上に、切れ込み部をともなって形成された第1の導電型のコンタクト層と、第1の導電型のコンタクト層上に、切れ込み部によって分離されて形成された第1の導電型の第1および第2の電極と、第1の導電型のコンタクト層上に、切れ込み部によって分離されずに形成された第1の導電型のクラッド層と、第1の導電型のクラッド層上に形成された活性層と、活性層上に形成された第2の導電型のクラッド層と、第2の導電型のクラッド層上に互いに分離して形成された、第2の導電型の第1および第2のコンタクト層と、第2の導電型の第1のコンタクト層上に形成された、第2の導電型の第1の電極と、第2の導電型の第2のコンタクト層上に形成された、第2の導電型の第2の電極とを備える。

【0 0 6 8】

好ましくは、基板は、サファイヤにより構成され、バッファ層は、Ga Nにより構成され、第1の導電型のコンタクト層は、Ga Nにより構成され、活性層は、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層とからなる多重量子井戸構造を有し、第2の導電型のコンタクト層は、Ga Nにより構成される。

【0 0 6 9】

この発明の別の局面によれば、変調光出力によって戻り光雑音を低減させる半導体レーザを駆動する半導体レーザ駆動装置であって、半導体レーザと、半導体

レーザに変調電流を供給する変調電流供給回路と、半導体レーザに雑音電流を供給する雑音電流供給回路とを備える。半導体レーザは、半導体レーザが双安定状態を満足するように光増幅領域および可飽和吸収領域が形成された活性層と、第1の極性の電極と、第1の極性の電極に対して設けられた第2の極性の電極とを含む。第1の極性の電極および第2の極性の電極の少なくとも一方は、光増幅領域および可飽和吸収領域に対して電流をそれぞれ独立に注入できるように分割されている。

【0070】

好ましくは、活性層は、可飽和吸収領域の両側に2つの光増幅領域が形成され、2つの光増幅領域は、それぞれが半導体レーザの出射面を有し、半導体レーザの一方の出射面からの出力光の制御に利用するために、半導体レーザの他方の出射面からの出力光をモニタするモニタ部をさらに備える。

【0071】

より好ましくは、電流は、変調電流と雑音電流とを重ね合わせることで生成され、変調電流および雑音電流の強度は、変調光出力の振幅が大きく、かつ戻り光雑音の低減効果が得られるように相互に調整されている。

【0072】

より好ましくは、変調電流は矩形波である。

より好ましくは、雑音電流はランダムな強度変化を有する。

【0073】

より好ましくは、雑音電流の最大値と最小値との差は、光増幅領域に注入される変調電流の振幅以下である。

【0074】

より好ましくは、雑音電流供給回路は、半導体レーザからの出力光を電気信号に変換する光電変換素子と、光電変換素子から出力された電気信号のうち、変調電流の変調周波数よりも高い周波数成分のみを抽出するハイパスフィルタと、ハイパスフィルタによって抽出された高周波成分の電気信号を調整し、雑音電流として半導体レーザに注入するプリアンプとを含む。

【0075】

より好ましくは、変調電流と雑音電流とを結合し、半導体レーザの光増幅領域へと注入する結合器と、半導体レーザの可飽和吸収領域に定電流を注入する定電流供給回路とをさらに備える。

【0076】

この発明の別の局面によれば、変調光出力によって戻り光雑音を低減させる半導体レーザを駆動する半導体レーザ駆動方法であって、半導体レーザからの出力光を電気信号に変換するステップと、電気信号のうち、半導体レーザに注入する変調電流の変調周波数よりも高い周波数成分のみを抽出するステップと、抽出された高周波成分の電気信号を調整し、半導体レーザに注入する雑音電流として半導体レーザに注入するステップとを備える。

【0077】

好ましくは、雑音電流の最大値と最小値との差は、光増幅領域に注入される変調電流の振幅以下である。

【0078】

この発明のさらに別の局面によれば、変調光出力によって戻り光雑音を低減させる半導体レーザを駆動する半導体レーザ駆動方法であって、変調電流と雑音電流とを結合し、半導体レーザの光増幅領域へと注入するステップと、半導体レーザの可飽和吸収領域に定電流を注入するステップとを備える。

【0079】

好ましくは、雑音電流の最大値と最小値との差は、光増幅領域に注入される変調電流の振幅以下である。

【0080】

したがって、この発明によれば、自励発振状態を有する半導体レーザよりも作製の容易な双安定状態の半導体レーザを用いて、消費電力が低く回路への負担が少なく、かつ雑音特性にも優れた高い光出力のレーザ光を得ることができ、戻り光による雑音を低減できる。

【0081】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、

図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0082】

[実施の形態1]

図1は、この発明の実施の形態1における窒化物半導体レーザの共振器側面の概略的な構成を示した断面図である。

【0083】

図1に示す実施の形態1の窒化物半導体レーザ素子は、n型ガリウム基板8を用いており、共振器方向において活性層が光増幅領域3と可飽和吸収領域4との2つに分割されている。光増幅領域3および可飽和吸収領域4は、半導体レーザが双安定状態を満足する条件において作製されている。このとき、共振器方向における可飽和吸収領域4の長さは、共振器全体の長さの約10%とした。

【0084】

さらに、光増幅領域3および可飽和吸収領域4に対して、p電極1, 2がそれぞれ互いに分離独立に形成されており、p電極1, 2の下部には共通のp型クラッド層7が設けられている。このp電極1から、変調されて雑音が付加された注入電流Iを注入する。この注入電流Iについては後に詳述する。また、p電極1, 2に対応してn電極5, 6がそれぞれ設けられており、n電極5, 6の上部には共通のn型クラッド層としての機能を有するn型ガリウム基板8が設けられている。

【0085】

このように、活性層が光増幅領域3と可飽和吸収領域4との2つに分割されているのに合わせて上下の電極も分割されているため、光増幅領域3, 可飽和吸収領域4それぞれへの注入電流の制御をより独立に行いやすい構造となっている。そのため、可飽和吸収領域3を流れる電流と光増幅領域4を流れる電流とが互いに干渉してしまうのを回避することができる。なお、図1では上下の電極がともに分割されている例を示しているが、これは一例であり、電流を独立に注入するには少なくとも一方の電極が分割されていれば十分である。

【0086】

光増幅領域3および可飽和吸収領域4の共振器方向への長さ、および両領域の

キャリア寿命と微分利得とは、双安定状態の条件を満たすように作製されており、光増幅領域3への電流注入によって半導体レーザは双安定状態となる。

【0087】

双安定状態では、自励発振状態に比べ微分利得の比を大きくする必要が無いいため、窒化物半導体レーザでも作製が容易である。しかも、双安定状態を満たす条件ではキャリア寿命の比と微分利得の比の積が一定以下であれば良く、キャリア寿命と微分利得のパラメータ設定を広くとれるため、選択の自由度が高くなり、微分利得の比の調整が不可能でもキャリア寿命の比を好適に調整することで双安定状態を作製できる。

【0088】

よって、窒化物半導体レーザにおいても双安定状態を容易に作り出すことができるため、自励発振状態を有する素子を作製しにくい窒化物半導体レーザにおいても変調光出力を得ることができる。

【0089】

また、光増幅領域3に発振閾値程度の微小な変調電流と雑音を注入することにより、双安定状態を満たした半導体レーザにおいて動作電流がレーザの発振閾値程度でも変調光出力を発生できるため、従来よりも低い消費電力で戻り光雑音の低減を実現できる。特に、自励発振型素子の作製が困難な窒化物半導体レーザにおいても駆動できるので、読み込みでも8mW以上を要求される高密度記録媒体への対応が容易に可能となる。

【0090】

実施の形態1では、活性層のうち可飽和吸収領域4となる部分にはキャリア寿命を調整するために不純物を添加している。ここでは、不純物としてSiを $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 添加した。

【0091】

次に、実施の形態1の動作について説明する。以下では、非周期的なランダムな強度変化を持ち、変調電流に対する雑音として活性層に注入する電流を「付加雑音」と称し、「戻り光雑音」とは区別する。

【0092】

図2は、この発明の実施の形態1における窒化物半導体レーザの活性層への注入電流Iについて説明するための図である。

【0093】

図2(a)は矩形波を用いた場合の変調電流の時間波形、図2(b)は雑音が付加された電流(付加雑音)の時間波形をそれぞれ示す。図2(c)は、図2(a)の変調電流と図2(b)の付加雑音とを重ね合わせた電流の時間波形を示しており、この電流を注入電流Iとして、実施の形態1の窒化物半導体レーザの活性層へと注入する。

【0094】

注入電流Iは、p電極1、2を介して光増幅領域3と可飽和吸収領域4にそれぞれ独立に注入される。上述のように、直流の動作電流に高周波電流を重畳した変調電流に白色雑音を付加した電流を注入電流Iとして、p電極1を介して光増幅領域3に注入する。

【0095】

変調電流には矩形波による変調を用い、周波数は約100MHzとした。また、可飽和吸収領域4へ注入する一定電流は1.0mAとした。このとき、注入電流—光出力特性の、ヒステリシスの立ち上がり閾値が20mA、立下り閾値が16mAであったので、光増幅領域3へ注入する変調電流の値を最大19.7mAおよび最小15mAとした。

【0096】

なお、以下では、図2(a)において示されている、周期的な強度変化を有する変調電流の最大値と最小値との差分の2分の1の値を、変調電流の「振幅」と呼ぶ。また、図2(b)において示されている、雑音の最大値と最小値との差分を「雑音の最大振幅」と呼ぶ。

【0097】

図3は、この発明の実施の形態1における窒化物半導体レーザの動作特性を説明するための図である。(図14も参照)

図3(a)は、横軸が注入電流、縦軸が注入電流に応じて得られる光出力を表す、半導体レーザの注入電流—光出力特性を示している。図3(b)は図2(c)

）で説明した注入電流 I の時間波形、図 3（c）は図 3（b）の注入電流 I を半導体レーザに注入した結果得られる光出力の時間波形をそれぞれ示している。

【0098】

また、図 3（a）において、 I_{th2} は実線で示したヒステリシス下部の状態から破線で示したヒステリシス上部へ光出力の状態が移行する電流値、すなわちヒステリシスの立ち上がり閾値、 I_{th1} はヒステリシス上部からヒステリシス下部へ移行するときの電流値、すなわちヒステリシスの立下り閾値をそれぞれ示している。ヒステリシスの立ち上がり閾値 I_{th2} は、図 2（a）および図 2（c）において破線で示されている。

【0099】

この図 2（a）に示すように、雑音を付加する前の変調電流の強度は、最大値がヒステリシスの立ち上がり閾値 I_{th2} より小さくなるように設定されている。そのため、図 2（a）の変調電流を活性層に注入しただけでは、光出力は注入電流—光出力特性曲線上でヒステリシス下部に留まり、ヒステリシスの上部へと移行することはできない。

【0100】

図 2（a）の変調電流に図 2（b）の付加雑音を印加すると、図 2（c）に示すように、変調電流の最大値が付加雑音の印加によってヒステリシスの立ち上がり閾値 I_{th2} を越えることができる。そして変調電流の最大値を過ぎると再び I_{th2} 以下になり、ヒステリシスの下部へ移行する。ヒステリシスの上下を移行するときには光出力が急激に増減する。

【0101】

よって、図 3（c）に示すように、強度が周期的に変調された、振幅の大きい変調光出力を得ることができる。このとき、付加雑音は、光出力が戻り光雑音の低減効果を得られるような雑音強度に適度に調整されて注入される。

【0102】

なぜならば、付加雑音強度が小さすぎるとヒステリシスの上部の状態へ移行することが出来ず、戻り光雑音を低減するために必要な大きさの振幅を持つ光出力を得られないためであり、また、付加雑音強度が大きすぎると変調電流の最大値

の周期とは無関係にヒステリシスの上部へ移行するために、光出力の強度変化がランダムになってしまい、戻り光雑音を低減できないためである。

【0 1 0 3】

このように、付加雑音が光出力が戻り光雑音の低減効果を得られるような強度に適度に調整されて光増幅領域に注入される。また、変調電流の値は、この変調電流だけを光増幅領域に注入したときに得られる光出力が、ヒステリシス下部に対応した微小な値しか得られず、戻り光による雑音を低減できない程度に微小な値として調整される。変調電流の最大値と、変調電流とともに光増幅領域に注入される付加雑音としての電流が確率的に同期して、変調電流値が最大値となるときにヒステリシスの上部へ飛び移ることができるので、出力振幅が増大し、振幅の大きい光出力を得られる。

【0 1 0 4】

こうして、微弱な注入電流により大きい振幅の変調光出力を得ることができ、光出力が最大 1 0 mW という大きい振幅を持ち、かつ高い光出力の変調電流が得られる。その結果、戻り光雑音の低減効果を得ることができる。さらに、可飽和吸収領域 4 には光増幅領域 3 とは独立に電流を注入しているので、ヒステリシスを制御して発振閾値を低くしてより低電流で駆動したり、光出力の振幅を調整したりできる。

【0 1 0 5】

また、付加雑音の強度を適度に調節し変調電流に付加することで、注入する電流の値を、変調電流の値を中心値としてランダムに変化させている。よって、変調電流の最大値と付加雑音による強度変化が確率的に同期して、一時的にヒステリシスの上部へと移行することができる。よってヒステリシスの上部へ移行できない程度に弱い変調電流の注入によって、振幅の大きな光出力が得られる。

【0 1 0 6】

このとき、雑音の代わりに周期信号を変調電流に付加してヒステリシスの上部に移行させようとする、周期信号同士が完全に同一か正確に倍数になっていて最大値が同期しなければ、大きな振幅の光出力は得られないので、回路の熱雑音などで波形がゆらぐと戻り光雑音の低減効果が減衰してしまう。

【0 1 0 7】

これに対し、ランダムな強度変化を持つ雑音は、周期や周波数帯域が固定されないで、電流のゆらぎにも強くなり戻り光雑音の低減効果を維持できる。また、周期信号を発生させるよりも雑音を発生させるほうが消費電力が少なくすむという利点がある。

【0 1 0 8】

図 4 は、付加雑音強度を変化させたときの、光出力の戻り光に対する相対雑音強度（ RIN ）を示した図である。

【0 1 0 9】

図 4 に示すように、 RIN は、最適雑音強度 D_m において最小となる。実施の形態 1 では、この最適雑音強度 D_m をとる雑音電流を光増幅領域に注入する変調電流に付加しているので、適度な雑音が微小な変調電流をヒステリシスの上部に押し上げて、振幅の大きい変調光出力の発生を可能にしている。実施の形態 1 では、 RIN が最小となる最適雑音強度 D_m となるように、付加雑音の最大振幅を 0.5 mA として付加雑音強度を調整した。

【0 1 1 0】

図 5 は、変調電流に正弦波または矩形波を用いたときの光出力を示した図である。

【0 1 1 1】

図 5（a）は変調電流に正弦波を用いたときの光出力、図 5（b）は変調電流に矩形波を用いたときの光出力をそれぞれ示す。図 5（a）と図 5（b）とを比較すると、図 5（b）の矩形波による変調を用いた方が光出力が増大し、波形がパルス状に鋭くなっていることがわかる。

【0 1 1 2】

図 6 は、実施の形態 1 での相対雑音強度（ RIN ）の付加雑音強度依存性を示した図である。

【0 1 1 3】

実線のグラフが、矩形波による変調を行なった場合、破線が正弦波による変調を行なった場合である。 RIN にして -130 dB/Hz 以下の値が光ディスク

の読み込みで必要とされる値であるが、矩形波による変調の場合の方が、正弦波による変調の場合よりも、広い範囲において付加雑音強度が -130 dB/Hz 以下の値を得ることができる。しかも、矩形波による変調の場合の最小値の方が、正弦波による変調の場合の最小値よりも低くなる。

【0 1 1 4】

よって、矩形波を用いることにより、光出力の振幅を大きくすることができるので、より低電流で変調光出力を得られる。また、より広い条件の付加雑音強度で駆動できるので、駆動時のパラメータ設定を広く取ることができ、雑音の低減を容易に行なうことができる。

【0 1 1 5】

なお、可飽和吸収領域 4 の共振器方向に占める長さは、実施の形態 1 で用いた約 10 % でなくとも光出力や波形は変化せず変調光出力が得られ、実施の形態 1 と同様の効果が得られる。

【0 1 1 6】

ただし、可飽和吸収領域 4 の共振器方向に占める長さの割合が小さくなると、それによっても半導体レーザの双安定状態が実現しにくくなる。特に、当該割合が 1 % 未満で双安定状態の半導体レーザを作製しようとする、作製工程の手間や拡散材料の選定等が著しく困難となる。したがって、可飽和吸収領域 4 の共振器方向に占める長さの割合は、1 % 以上であることが好ましい。

【0 1 1 7】

逆に、可飽和吸収領域 4 の共振器方向に占める長さの割合が大きくなると、それによっても発振閾値電流も上昇する。特に、当該割合が 50 % より大きくなると、消費電力が著しく増大し、その結果、発熱が大きくなる。

【0 1 1 8】

また、可飽和吸収領域 4 の共振器方向に占める長さの割合が大きくなると、ヒステリシスの形状を最適にするために注入電流を増やす必要が生じる。特に、当該割合が 50 % より大きくなると、消費電力が著しく増大し、その結果、発熱が大きくなる。さらに、ヒステリシスの形状が最適でない場合には、確率共鳴による戻り光の低減効果が減少し、光出力の応答も悪くなる。

【0 1 1 9】

これらの理由により、共振器方向における可飽和吸収領域 4 の長さの割合は、1 % 以上で、かつ 5 0 % 以下であることが望ましい。これにより、双安定状態を満足しやすくなり、かつ発振閾値電流を低くでき、またヒステリシスの形状も好適に決定できるので、好ましい。また、消費電力が少なくかつ少ない発熱で確率共鳴による雑音の低減効果を得やすくなり、さらに素子の作製条件を満たしやすくなるという利点がある。

【0 1 2 0】

また、実施の形態 1 では付加雑音として白色雑音を用いたが、強度変化が非周期的でランダムな電流であれば実施の形態 1 と同様の雑音低減効果を得ることができる。

【0 1 2 1】

また、光増幅領域 3 に注入する動作電流の変調は矩形波以外で行なってもかまわないが、矩形波による変調では活性層中のキャリア濃度の変動が大きくなり、より高い光出力と鋭いパルス波形を得られる。よってさらに光出力の振幅を向上させることが可能であるので、より低電流での駆動が可能になり、好ましい。

【0 1 2 2】

また、実施の形態 1 では、付加雑音の強度は、 RIN が最小となる最適雑音強度 Dm となるように、付加雑音としての電流の最大振幅を 0. 5 mA としたが、値はこれに限るものではなく、得られる光出力が、光ディスク用ピックアップで必要とされる RIN の値を満たせる範囲の雑音強度であればかまわない。

【0 1 2 3】

その場合、実施の形態 1 では付加雑音としての電流の最大振幅が半導体レーザの注入電流—光出力特性におけるヒステリシスの幅、すなわちヒステリシスの立ち上がり閾値と立ち下がり閾値との差分 ($I_{th2} - I_{th1}$) 以下であれば変調光出力が得られる。

【0 1 2 4】

付加雑音が強すぎると、光出力の波形が崩れるので確率共鳴現象は起こらなくなる。少なくとも、付加雑音としての電流の最大振幅が変調電流の振幅より大き

い場合、変調電流の波形および周期を再現できなくなるため、入力信号の検出ができない。これに対し、付加雑音としての電流の最大振幅が変調電流の振幅以下であれば、さらに光出力の振幅を大きくでき、 RIN の値を向上することができるため、雑音の低減効果を向上でき、好ましい。

【0 1 2 5】

また、光増幅領域 3 へ注入する変調電流の周波数は実施の形態 1 で用いた約 1 0 0 MHz でなくとも、戻り光雑音の低減効果を有する変調光出力が得られる周波数であればかまわない。

【0 1 2 6】

また、実施の形態 1 では光増幅領域 3 への変調電流の値が最大 1 9 . 7 mA である場合を用いたが、値はこれに限るものではなく、可飽和吸収領域 4 への注入電流がある場合の注入電流—光出力特性曲線において、光増幅領域 3 への変調電流が、単独では注入電流がヒステリシスの上部へ移行できない強度であれば、実施の形態 1 と同様の効果が得られる。

【0 1 2 7】

また、実施の形態 1 では光増幅領域 3 への変調電流の値が最小 1 5 mA である場合を用いたが、値はこれに限るものではなく、可飽和吸収領域 4 への注入電流がある場合の注入電流—光出力特性曲線において、光増幅領域 3 への変調電流の最低値がヒステリシスの立ち上がり閾値 I_{th2} 以下であれば雑音の低減効果を有する光出力が得られるが、実施の形態 1 の如く光増幅領域 3 へ注入する変調電流の最低値はヒステリシスの立下り閾値 I_{th1} 以下である方が光出力の最低値が小さくなるので、光出力の振幅が大きくなり、雑音の低減効果を向上させることができる。

【0 1 2 8】

また、実施の形態 1 では可飽和吸収領域 4 への注入電流の値が 1 . 0 mA である場合を用いたが、値はこれに限るものではなく、可飽和吸収領域への注入電流の値によって決まる、半導体レーザの注入電流—光出力特性におけるヒステリシスの幅が付加雑音としての電流の最大振幅以上であれば実施の形態 1 と同様の効果が得られる。

【0129】

なお、実施の形態1では電極を2つ設ける場合について説明したが、数はこれに限るものではなく、2つ以上の電極を用いた自励発振状態を有する他の半導体レーザについても同様に雑音の低減効果を得ることができる。

【0130】

また、可飽和吸収領域4に付加雑音としての電流を注入し、光増幅領域に変調電流を入れても、雑音の低減効果を有する光出力が得られる。その場合、可飽和吸収領域4へ注入できる電流の値の範囲が狭いため、変調光出力の強度を好適に決定しづらい。しかしながら、レーザの発振閾値が最低値をとるタイミング（付加雑音の注入量によって変動）が変調電流の最大値に対して確率的に同期するので、注入電流値がヒステリシスの立ち上がり閾値 I_{th2} を上下することとなり、変調光出力が得られる。

【0131】

また、可飽和吸収領域4に注入する電流は一定電流ではなく変調電流でも雑音の低減効果を有する光出力が得られるので構わない。その場合、変調回路が余分に必要になってしまうが、注入電流量によってヒステリシスを制御できるので光出力の特性を変えることができるという利点がある。

【0132】

また、半導体レーザ素子は、例えばGaAs系半導体レーザのように窒化物を含まない半導体レーザでも良い。その場合、窒化物半導体レーザとは異なる波長の光を利用できるという利点があるが、GaAs系半導体レーザでは自励発振型素子の作製が窒化物半導体レーザよりも容易であるので、回路の構成によっては消費電力は自励発振型レーザのほうが少なく済む場合もある。

【0133】

また、付加雑音としての電流は、光増幅領域3に注入する変調電流に付加してから注入せずとも、別々の回路を介して独立に電極に注入してもよい。その場合、回路が余分に必要になるが、雑音強度の調整がやりやすくなるという利点がある。

【0134】

以上のように、実施の形態 1 によれば、自励発振状態を有する半導体レーザよりも作製の容易な双安定状態の半導体レーザを用いて、消費電力が低く回路への負担が少なく、かつ雑音特性にも優れた高い光出力のレーザ光を得ることができ、戻り光による雑音を低減できる。

【0135】

[実施の形態 2]

図 7 は、この発明の実施の形態 2 における半導体レーザ素子およびその駆動回路を示す構成図である。

【0136】

図 7 中に示される半導体レーザ素子 12 は、実施の形態 1 で説明した可飽和吸収領域を有する双安定状態の半導体レーザ素子を用いている。また、半導体レーザ素子 12 に注入する注入電流 I は、実施の形態 1 と同様である。

【0137】

変調電流供給回路 11 は、直流の動作電流に高周波電流を重畳した変調電流 I_0 を発生させ、半導体レーザ素子 12 の光増幅領域に注入するための駆動回路である。半導体レーザ素子 12 の光増幅領域に変調電流供給回路 11 からの変調電流 I_0 を注入して得られた光出力 P は、抵抗 18 を介して接地された受光素子 13 によって検出され、結合コンデンサ 14 を介してハイパスフィルタ 15 に電気信号として入力される。ハイパスフィルタ 15 は、変調電流供給回路 11 において用いた変調周波数よりも高い周波数成分のみを抽出する。

【0138】

この高周波成分は、プリアンプ 17 において、基準電流源 16 からの電流との差分をとられ、強度を調節された出力を付加雑音 N として半導体レーザ素子 12 の光増幅領域に帰還させる形で注入される。このとき、付加雑音 N の最大振幅は、実施の形態 1 の場合と同様に、光出力の RIN の値が最小となる 0.5 mA となるよう調整した。

【0139】

その結果、実施の形態 1 の場合と同様に、変調電流と雑音との協同効果により、戻り光雑音を低減できる振幅の大きな変調光出力を得ることができる。実施の

形態 2 では、最大 10 mW の光出力振幅を持つ変調光出力を得た。ここで、光出力振幅とは、得られた光出力の最大値と最小値との差分を指す。

【0140】

なお、実施の形態 2 ではプリアンプ 17 によって、付加雑音としての電流の最大振幅を 0.5 mA に調整したが、値はこれに限るものではなく、得られる光出力が、光ディスク用ピックアップで必要とされる RIN の値を満たせる範囲の雑音強度であればかまわない。

【0141】

その場合、実施の形態 2 では付加雑音としての電流の最大振幅が半導体レーザーの注入電流—光出力特性におけるヒステリシスの幅、すなわちヒステリシスの立ち上がり閾値と立ち下がり閾値の差分 ($I_{th2} - I_{th1}$) 以下であれば変調光出力が得られるが、付加雑音としての電流の最大振幅が変調電流の振幅以下であればさらに光出力の振幅を大きくでき、雑音の低減効果を向上できるために、望ましい。

【0142】

以上のように、実施の形態 2 によれば、自励発振状態を有する半導体レーザーよりも作製の容易な双安定状態の半導体レーザーを用いて、消費電力が低く回路への負担が少なく、かつ雑音特性にも優れた高い光出力のレーザー光を得ることができ、戻り光による雑音を低減できる。

【0143】

また、半導体レーザーの光出力を利用して付加雑音を作り出しているので、簡単な装置構成により付加雑音を発生させることができる。

【0144】

[実施の形態 3]

図 8 は、この発明の実施の形態 3 における半導体レーザー素子およびその駆動回路を示す構成図である。

【0145】

図 8 中に示される半導体レーザー素子 21 は、この発明の実施の形態 1 で得られた可飽和吸収領域を有する双安定状態の半導体レーザー素子を用いている。

【0146】

図8に示す半導体レーザ素子21は、実施の形態1の半導体レーザ素子と同様に、共振器方向において活性層が光増幅領域22と可飽和吸収領域23の2つを構成しており、光増幅領域22および可飽和吸収領域23に対して、互いに分離独立に形成されているp電極24、25がそれぞれ設けられている。p電極24には、変調電流供給回路27と付加雑音供給回路28とが結合器29を介して接続されている。

【0147】

実施の形態3で用いる変調電流供給回路27は、直流の動作電流に高周波電流を重ねた変調電流 I_0 を生じるものである。また、付加雑音供給回路28は白色雑音としての強度変化を有する付加雑音としての電流Nを生成することができる。また、p電極25には定電流発生源26が接続されている。

【0148】

以下、実施の形態3での動作について説明する。

変調電流供給回路27によって生じた変調電流 I_0 と、付加雑音供給回路28によって生じた付加雑音としての電流Nとは、結合器29において重ね合わされて、半導体レーザ素子21への注入電流としてp電極24を介して光増幅領域22に注入される。実施の形態3では、半導体レーザ素子21の光増幅領域22に注入する電流は実施の形態1と同様の構成で駆動される。

【0149】

一方、定電流発生源26からは、一定電流がp電極25を介して可飽和吸収領域23に注入される。実施の形態3では定電流発生源26によって発生させる電流の値は1.0mAとした。そして、実施の形態1と同様の作用により、変調電流と雑音との協同効果によって、戻り光雑音を低減できる大きな振幅の変調光出力を得ることができる。実施の形態3では、最大10mWの変調光出力を得ることができた。

【0150】

また、実施の形態3では、可飽和吸収領域23への一定電流の値が1.0mAである場合を用いたが、値はこれに限るものではなく、可飽和吸収領域23へ注

入する電流の値によって変わる、半導体レーザの注入電流—光出力特性におけるヒステリシスの幅が付加雑音としての電流の最大振幅以上であれば、実施の形態 3 と同様の効果が得られる。

【0151】

以上のように、実施の形態 3 によれば、自励発振状態を有する半導体レーザよりも作製の容易な双安定状態の半導体レーザを用いて、消費電力が低く回路への負担が少なく、かつ雑音特性にも優れた高い光出力のレーザ光を得ることができ、戻り光による雑音を低減できる。

【0152】

また、変調電流と雑音電流とを個々に生成した後に結合しているので、両電流の各種パラメータを自由に調整することができる。

【0153】

〔実施の形態 4〕

図 9 は、この発明の実施の形態 4 における窒化物半導体レーザの共振器側面の概略的な構成を示した断面図である。

【0154】

図 9 に示した半導体レーザ素子では、n 型窒化ガリウム基板を用いた窒化物半導体レーザの共振器方向に、可飽和吸収領域 34 と、その両側に光増幅領域 35、36 を設けている。

【0155】

また、可飽和吸収領域 34 に対して p 電極 31 を、そして光増幅領域 35、36 に対して p 電極 32、33 をそれぞれ設け、素子の反対側に n 電極 37 を 1 つ設ける。可飽和吸収領域 34、および光増幅領域 35、36 は、半導体レーザが双安定状態となる条件で構成されており、光増幅領域 35、36 へ直流電流を注入すると双安定状態となって動作する。このとき、共振器方向における可飽和吸収領域 34 の長さは、共振器長さ全体の約 10% とした。

【0156】

p 電極 31、32、33 を介して、直流の動作電流に高周波電流を重ねた変調電流に白色雑音としての電流が付加された注入電流が、光増幅領域 35、36

に対しそれぞれ独立に注入される。光増幅領域 3 5, 3 6 に注入する変調電流は矩形波とし、周波数は約 1 0 0 M H z とした。また、可飽和吸収領域 3 4 に注入する一定電流の値は 1 . 0 m A とした。

【0 1 5 7】

このとき、レーザの立ち上がり閾値が 2 0 m A、立下り閾値が 1 6 m A であったため、光増幅領域 3 5、3 6 へ注入する合計の変調電流の値は最大 1 9 . 7 m A、最小 1 5 m A であった。

【0 1 5 8】

また、変調電流に付加される雑音としての電流の値は、相対雑音強度 (R I N) の値が最小となるよう、最大振幅 0 . 5 m A となるように調整した。実施の形態 4 では、実施の形態 1 と同様の作用により、1 0 m W の光出力で変調光出力を得た。その結果、実施の形態 1 と同様の雑音低減効果を得ることができた。

【0 1 5 9】

実施の形態 4 の半導体レーザ素子では、光増幅領域 3 5, 3 6 とともにレーザ出射面を有しており、光増幅領域 3 6 からの出射光をモニタ部 3 8 によってモニタしながら、光増幅領域 3 5 からの出射光を利用できる構成になっている。したがって、光増幅領域 3 6 の出射光より得た情報によって光増幅領域 3 5 の出射光の状態の制御に利用することができ、より正確に注入電流と光出力の関係を把握できる。

【0 1 6 0】

なお、実施の形態 4 では電極を 3 つ設ける場合について説明したが、数はこれに限るものではなく、3 つ以上の電極を用いた自励発振状態を有する他の半導体レーザについても同様の効果を得ることができる。

【0 1 6 1】

また、電極が 2 つ以下でも、ビームスプリッタによって光を分け、一方の光でモニターしながら変調出力を得ることができ、この場合、電極の数を減らせることで、作製上簡便になり歩留まりが良くなるという利点があるが、実施の形態 4 の駆動方法によれば、ピックアップ用のレーザ光とモニター用のレーザ光を、ビームスプリッタなどを使用せずに素子単体で同時に発生させることができるため

、簡潔な構成で光出力の制御を向上させることができ、かつレーザ光のパワーを 1 0 0 % 利用できるという効果がある。

【0 1 6 2】

また、可飽和吸収領域 4 の共振器方向に占める長さは実施の形態 4 で用いた約 1 0 % でなくとも、光出力や波形は変化せず変調光出力が得られ、実施の形態 4 と同様の効果が得られる。ただし可飽和吸収領域 4 の共振器に占める割合が大きくなると閾値が上がり、より高い注入電流値を必要とするため、共振器方向における可飽和吸収領域 4 の長さは共振器全体の 5 0 % 以下であるほうが好ましい。

【0 1 6 3】

また、実施の形態 4 では付加雑音として白色雑音を用いたが、強度変化が非周期的でランダムな電流であれば実施の形態 4 と同様の雑音低減効果を得ることができる。

【0 1 6 4】

また、光増幅領域 3 5 , 3 6 に注入する動作電流の変調は矩形波以外で行なってもかまわないが、実施の形態 1 の形態と同様の作用により、矩形波ではより高い光出力と鋭いパルス波形を得られる。よって矩形波を用いることで、より低い電流で変調光出力を得ることができ、またより広い条件の付加雑音強度で駆動できるので駆動時のパラメータ設定を広く取ることができ、雑音の低減を容易にできることから、好ましい。

【0 1 6 5】

また、実施の形態 4 では、付加雑音の強度は R_{IN} が最小となる最適雑音強度 D_m となるよう、すなわち付加雑音としての電流の最大振幅を 0 . 5 mA としたが、値はこれに限るものではなく、得られる光出力が、光ディスク用ピックアップで必要とされる R_{IN} の値を満たせる範囲の雑音強度であればかまわない。

【0 1 6 6】

その場合、実施の形態 4 では、付加雑音としての電流の最大振幅が半導体レーザの注入電流—光出力特性におけるヒステリシスの幅、すなわちヒステリシスの立ち上がり閾値とたち下がり閾値の差分 ($I_{th2} - I_{th1}$) 以下であれば変調光出力が得られるが、付加雑音としての電流の最大振幅が変調電流の振幅以下

であればさらに光出力の振幅を大きくでき、雑音の低減効果を向上できるために、望ましい。

【0167】

また、光増幅領域 35, 36 へ注入する変調電流の周波数は実施の形態 4 で用いた約 100 MHz でなくとも、戻り光雑音の低減効果を有する変調光出力が得られる周波数であればかまわない。

【0168】

また、実施の形態 4 では光増幅領域 35, 36 への変調電流の合計値が最大 19.7 mA である場合を用いたが、値はこれに限るものではなく、可飽和吸収領域 34 への注入電流がある場合の注入電流—光出力特性曲線において、光増幅領域 35 および 36 への変調電流が、単独では注入電流がヒステリシスの上部へ移行できない強度であれば、実施の形態 4 と同様の効果が得られる。

【0169】

また、実施の形態 4 では光増幅領域 35, 36 への変調電流の値が最小 15 mA である場合を用いたが、値はこれに限るものではなく、可飽和吸収領域 34 への注入電流がある場合の注入電流—光出力特性曲線において、光増幅領域 35, 36 への変調電流の最低値がヒステリシスの立ち上がり閾値以下であれば雑音の低減効果を有する光出力が得られるが、実施の形態 4 の如く光増幅領域 35, 36 への変調電流の最低値はヒステリシスの立下り閾値以下である方が光出力の最低値が小さくなるので、光出力の振幅が大きくなり、雑音の低減効果を向上させることができる。

【0170】

また、実施の形態 4 では可飽和吸収領域 34 への注入電流の値が 1.0 mA である場合を用いたが、注入電流値はこれに限るものではなく、可飽和吸収領域 34 への注入電流の値によって決まる、半導体レーザの注入電流—光出力特性におけるヒステリシスの幅が付加雑音としての電流の最大振幅以上であれば実施の形態 4 と同様の効果が得られる。

【0171】

さらに、可飽和吸収領域 34 には光増幅領域 35, 36 とは独立に電流を注入

しているので、ヒステリシスを制御して発振閾値を低くしてより低電流で駆動したり、光出力の振幅を調整したりできるという効果がある。

【0172】

なお、実施の形態4では電極を2つ設ける場合について説明したが、数はこれに限るものではなく、2つ以上の電極を用いた自励発振状態を有する他の半導体レーザについても同様に雑音の低減効果を得ることができる。

【0173】

また、可飽和吸収領域34に付加雑音としての電流を注入し、光増幅領域に変調電流を入れても、雑音の低減効果を有する光出力が得られる。その場合、可飽和吸収領域34へ注入できる電流の値の範囲が狭いため、電流値を好適に決定しづらい。しかしながら、レーザの発振閾値が最低値をとるタイミング（付加雑音の注入量によって変動）が変調電流の最大値に対して確率的に同期するので、注入電流値がヒステリシスの立ち上がり閾値を上下することとなり、変調光出力が得られる。

【0174】

また、可飽和吸収領域34に注入する電流は一定電流ではなく変調電流でも雑音の低減効果を有する光出力が得られるので構わない。その場合、変調回路が余分に必要になってしまうが、注入電流量によってヒステリシスを制御できるので光出力の特性を変えることができるという利点がある。

【0175】

また、半導体レーザ素子は窒化物を含まない、例えばGaAs系半導体レーザでも良い。その場合、窒化物半導体レーザとは異なる波長の光を利用できるという利点があるが、GaAs系半導体レーザでは自励発振型素子の作製が窒化物半導体レーザよりも容易であるので、回路の構成によっては消費電力は自励発振型レーザのほうが少なく済む場合もある。

【0176】

また、付加雑音としての電流は、光増幅領域35、36に注入する変調電流に付加してから注入せずとも、別々の回路を介して独立に電極に注入してもよい。その場合、回路が余分に必要になるが、雑音強度の調整がやりやすくなるという

利点がある。

【0 1 7 7】

以上のように、実施の形態 4 によれば、自励発振状態を有する半導体レーザよりも作製の容易な双安定状態の半導体レーザを用いて、消費電力が低く回路への負担が少なく、かつ雑音特性にも優れた高い光出力のレーザ光を得ることができ、戻り光による雑音を低減できる。

【0 1 7 8】

また、温度変化等の外部要因による光出力の揺らぎを、フィードバック回路などを使用して注入電流の調整に反映させることができるため、光出力を一定にする調整が容易になる。

【0 1 7 9】

〔実施の形態 5〕

実施の形態 5 の半導体レーザは、半導体レーザ素子の構造において図 1 0 に示した積層構造を用いた以外は、実施の形態 1 と同様の駆動方法により変調光出力を得た。

【0 1 8 0】

図 1 0 は、この発明の実施の形態 5 における半導体レーザ素子の構造を示す斜視図である。

【0 1 8 1】

図 1 0 に示すように、実施の形態 5 の半導体レーザ素子は、平板状のサファイア基板 4 1 を有する。サファイア基板 4 1 の上面を覆うように G a N バッファ層 4 2 が設けられている。G a N バッファ層 4 2 上には、n 型 G a N コンタクト層 4 3 (4 4) が設けられている。n 型 G a N コンタクト層 4 3 には、1 方向に延びるように切れ込み部 4 3 a が形成されている。切れ込み部 4 3 a が G a N バッファ層 4 2 の一部分を露出させる。切れ込み部 4 3 a は、n 型 G a N コンタクト層 4 3 の凸部 4 3 b にまで達する。

【0 1 8 2】

n 型 G a N コンタクト層 4 3 の上面 4 3 c には、互いに切れ込み部 4 3 a により分離された n 電極 5 2 , 5 3 が設けられている。

【0183】

凸部 43b は、切れ込み部 43a と直交する方向に延びており、その凸部 43b 上には、n 型クラッド層 45 が設けられている。n 型クラッド層 45 上には $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層とからなる多重量子井戸構造活性層 46 が形成されている。多重量子井戸構造活性層 46 は、可飽和吸収領域 46A と光増幅領域 46B との 2 つの領域により構成される。

【0184】

可飽和吸収領域 46A と光増幅領域 46B とは、半導体レーザが双安定状態状態を満足する条件において作製されている。このとき、共振器方向における可飽和吸収領域 46A の長さは、共振器長さ全体の 10% とした。

【0185】

多重量子井戸構造活性層 46 上には p 型クラッド層 47 が形成されている。p 型クラッド層 47 上には、互いに離隔するように p 型 GaN コンタクト層 48, 49 が形成されている。p 型 GaN コンタクト層 48, 49 上には、それぞれ p 電極 50, 51 が形成されている。

【0186】

実施の形態 5 では、凸部 43b は、切れ込み部 43a に対して直交する方向に延びるように形成されているが、凸部 43b の延びる方向はこれに限られるものではなく、切れ込み部 43a と鋭角をなすように延びていてもよい。

【0187】

p 電極 50 と n 電極 52 との間に電位差を印加すると、この電位差が可飽和吸収領域 46A に印加される。p 電極 51 と n 電極 53 との間に電位差を印加すると、この電位差が光増幅領域 46B に印加される。

【0188】

可飽和吸収領域 46A と光増幅領域 46B の共振器方向長さおよび両領域のキャリア寿命と微分利得は、双安定状態の条件を満たして作製されており、光増幅領域 46B への直流電流の注入によって半導体レーザは双安定状態となる。また可飽和吸収領域 46A となる活性層の部分にはキャリア寿命を調整するために不純物を添加している。ここでは Si を $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 添加した。

【0 1 8 9】

以上のように、実施の形態 5 によれば、自励発振状態を有する半導体レーザよりも作製の容易な双安定状態の半導体レーザを用いて、消費電力が低く回路への負担が少なく、かつ雑音特性にも優れた高い光出力のレーザ光を得ることができ、戻り光による雑音を低減できる。

【0 1 9 0】

また、コンタクト層および電極を素子の上部に作りつけているので、作製の手順が複雑になるが、素子の集積化が容易になるという利点がある。

【0 1 9 1】

なお、本発明は、窒化物半導体レーザをはじめとして、AlGaAs 系、AlGaInP 系、GaN 系、II-VI 系半導体など他の材料を用いた半導体レーザにも適用が可能なものである。

【0 1 9 2】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0 1 9 3】**【発明の効果】**

以上のように、この発明によれば、自励発振状態を有する半導体レーザよりも作製の容易な双安定状態の半導体レーザを用いて、消費電力が低く回路への負担が少なく、かつ雑音特性にも優れた高い光出力のレーザ光を得ることができ、戻り光による雑音を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 における窒化物半導体レーザの共振器側面の概略的な構成を示した断面図である。

【図 2】 この発明の実施の形態 1 における窒化物半導体レーザの活性層への注入電流について説明するための図である。

【図 3】 この発明の実施の形態 1 における窒化物半導体レーザの動作特性

を説明するための図である。

【図 4】 付加雑音強度を変化させたときの、光出力の戻り光に対する相対雑音強度（ RIN ）を示した図である。

【図 5】 変調電流に正弦波または矩形波を用いたときの光出力を示した図である。

【図 6】 実施の形態 1 での相対雑音強度（ RIN ）の付加雑音強度依存性を示した図である。

【図 7】 この発明の実施の形態 2 における半導体レーザ素子およびその駆動回路を示す構成図である。

【図 8】 この発明の実施の形態 3 における半導体レーザ素子およびその駆動回路を示す構成図である。

【図 9】 この発明の実施の形態 4 における窒化物半導体レーザの共振器側面の概略的な構成を示した断面図である。

【図 10】 この発明の実施の形態 5 における半導体レーザ素子の構造を示す斜視図である。

【図 11】 従来の自励発振型半導体レーザの構造の一例を示した断面図である。

【図 12】 従来の窒化物半導体レーザ素子の構造を表す断面図である。

【図 13】 従来の自励発振型半導体レーザ素子の構造を表す断面図である。

【図 14】 従来の半導体レーザの動作特性を説明するための図である。

【図 15】 従来の双安定状態の半導体レーザにおいて光増幅領域への注入電流対光出力の特性を示した図である。

【図 16】 従来の双安定状態の半導体レーザ素子の概略的な素子構造を示す断面図である。

【図 17】 図 16 に示した従来の双安定状態の半導体レーザの注入電流—光出力特性曲線を示した図である。

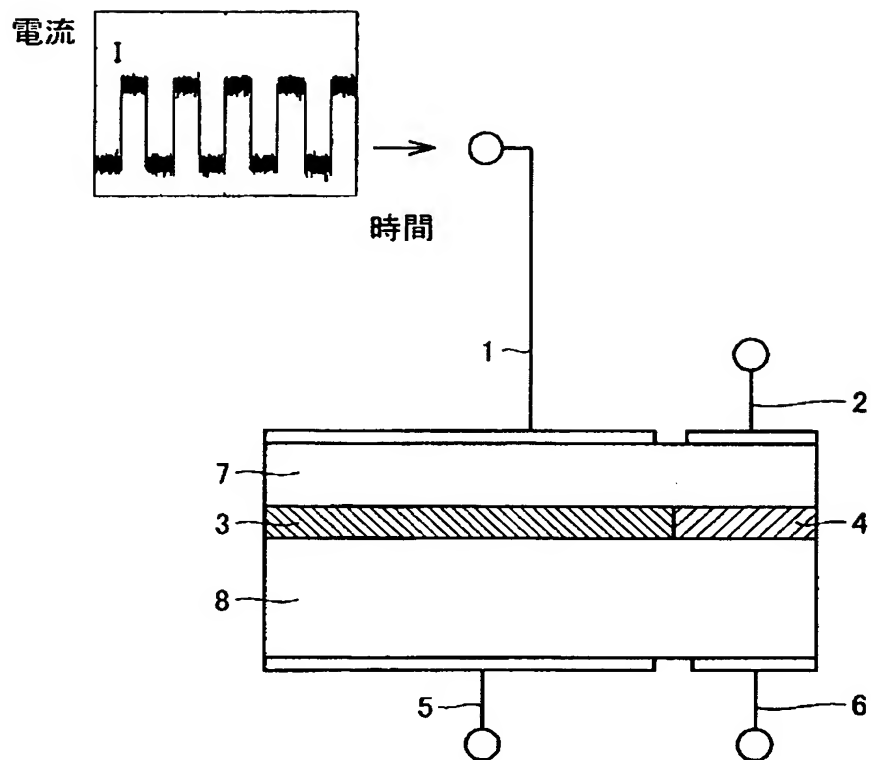
【図 18】 半導体レーザの可飽和吸収領域および光増幅領域での利得特性曲線を示した図である。

【符号の説明】

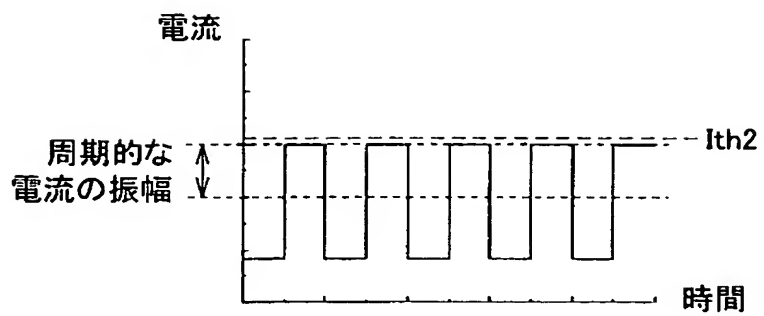
1, 2 p電極、3 光増幅領域、4 可飽和吸収領域、5, 6 n電極、7 p型クラッド層、8 n型ガリウム基板、11 変調電流供給回路、12 半導体レーザ素子、13 受光素子、14 結合コンデンサ、15 ハイパスフィルタ、16 基準電流源、17 プリアンプ、18 抵抗、21 半導体レーザ素子、22 光増幅領域、23 可飽和吸収領域、24, 25 p電極、26 定電流発生源、27 変調電流供給回路、28 付加雑音供給回路、29 結合器、31, 32, 33 p電極、34 可飽和吸収領域、35, 36 光増幅領域、37 n電極、38 モニタ部、41 サファイア基板、42 GaNバッファ層、43, 44 n型GaNコンタクト層、45 n型クラッド層、46 多重量子井戸構造活性層、46A 可飽和吸収領域、46B 光増幅領域、47 p型クラッド層、48, 49 p型GaNコンタクト層、50, 51 p電極、52, 53 n電極、101 p電極、102 n電極、103 n型GaAs基板、104 n型GaAsバッファ層、105 n型AlGaInPクラッド層、106 GaInP活性層、107 p型AlGaInPクラッド層、108 p型GaInP中間層、109 p型GaAsコンタクト層、110 リッジ、111, 112 n型GaAs埋め込み層、113 光増幅領域、114, 115 可飽和吸収領域、121 サファイア基板、122 n型GaNコンタクト層、123 n型Al_bGa_{1-b}Nクラッド層、124 活性層、125 p型Al_aGa_{1-a}Nクラッド層、125a 平坦部、125b 下段ストライプ部、125c 上段ストライプ部、126, 127 n型Al_cGa_{1-c}N電流狭窄層、128 p型GaNコンタクト層、129 n電極、130 p電極、141 n電極、142 n型GaAs基板、143 n型AlGaInPクラッド層、144 n型AlGaInP可飽和吸収層、145 n型AlGaInPクラッド層、146 AlGaInP活性層、147 p型AlGaInPクラッド層、148 p型AlGaInP可飽和吸収層、149 p型AlGaInPクラッド層、150, 151 n型GaAs電流ブロック層、152 p型GaAsコンタクト層、153 p電極、161 光増幅領域、162 可飽和吸収領域、163 活性層。

【書類名】 図面

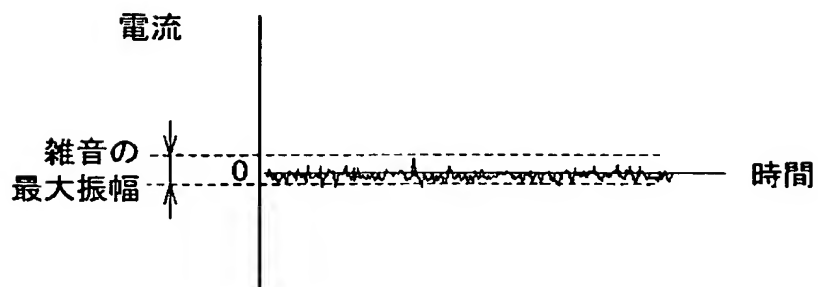
【図 1】



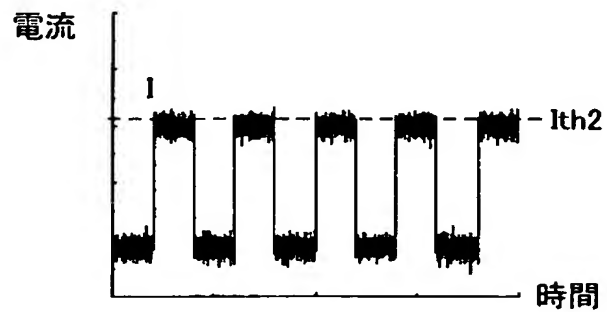
【図 2】



(a)

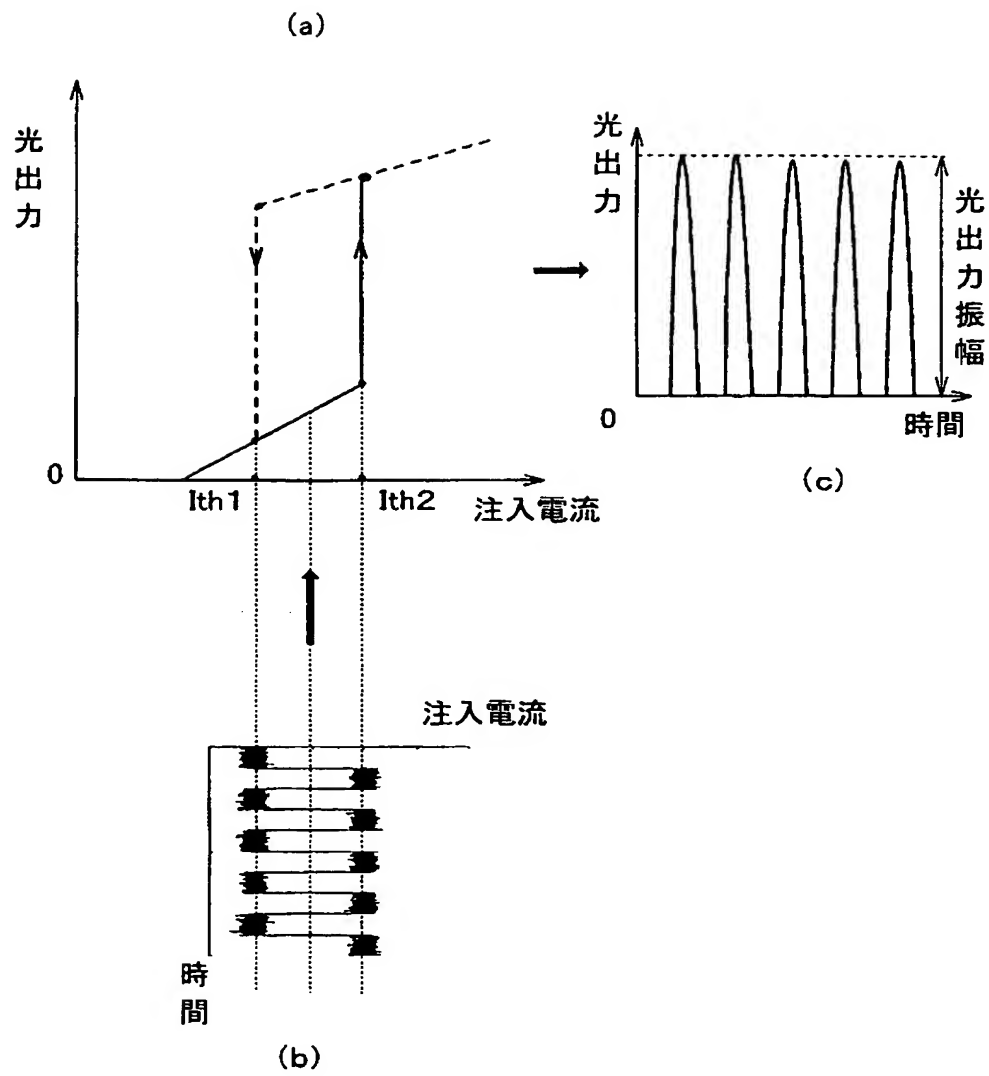


(b)

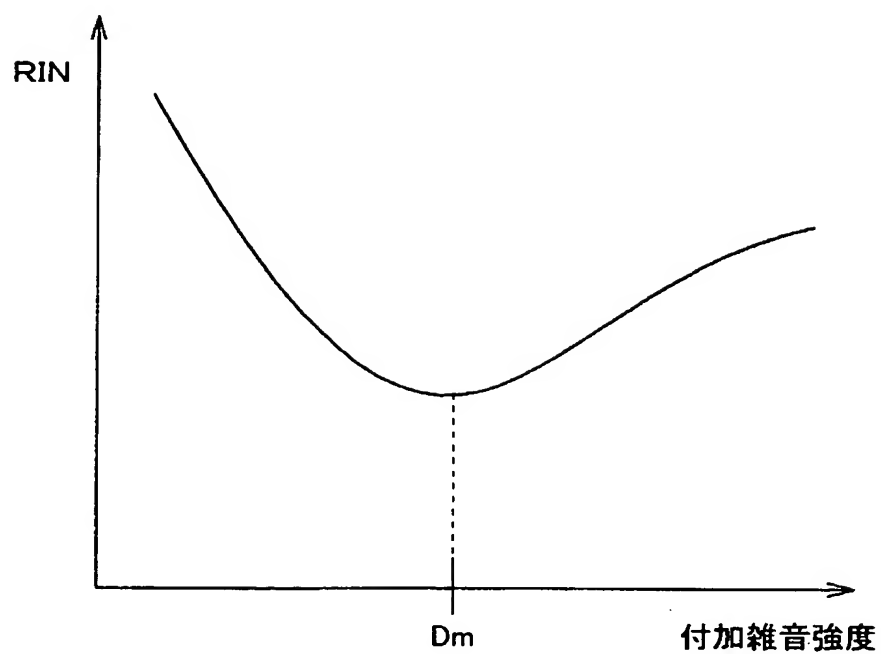


(c)

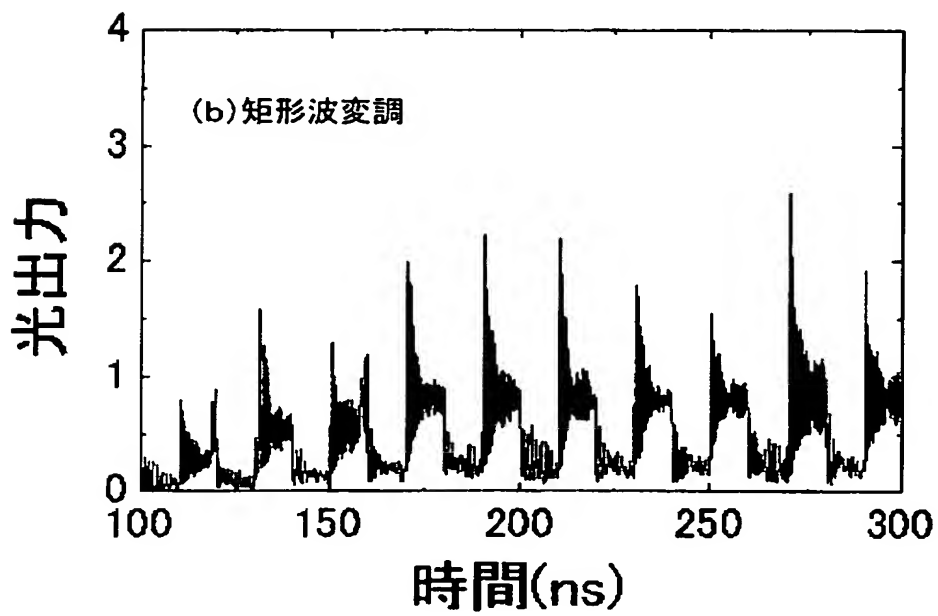
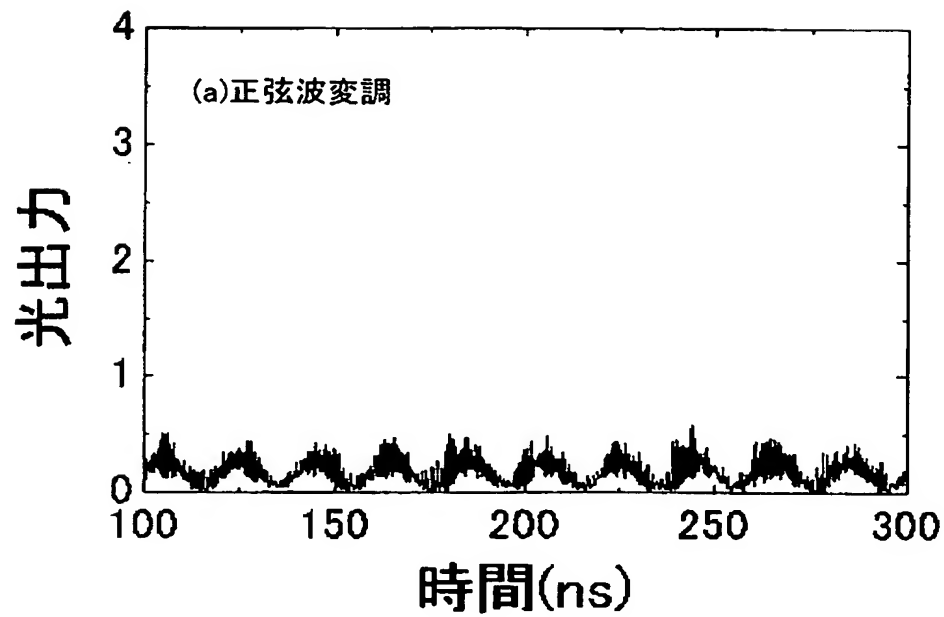
【図 3】



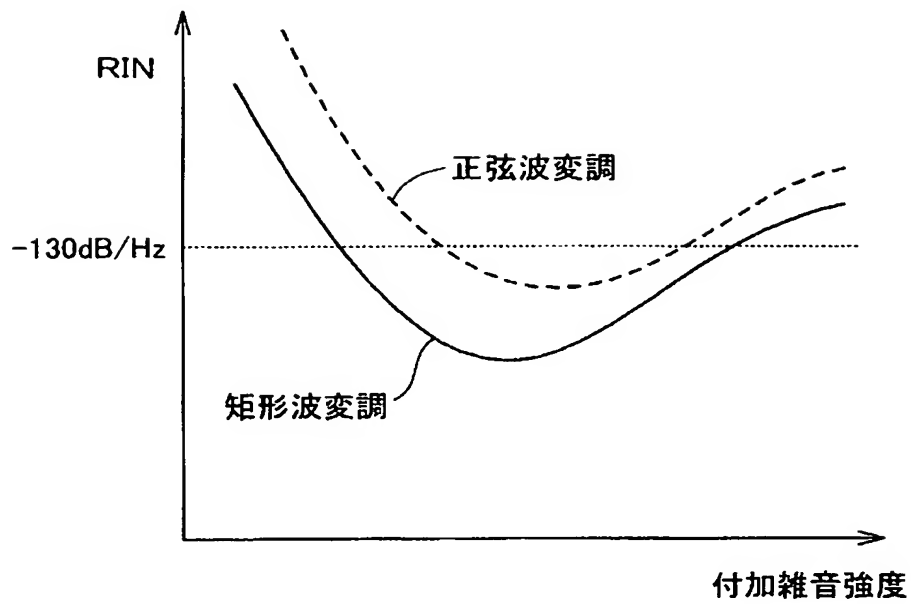
【図 4】



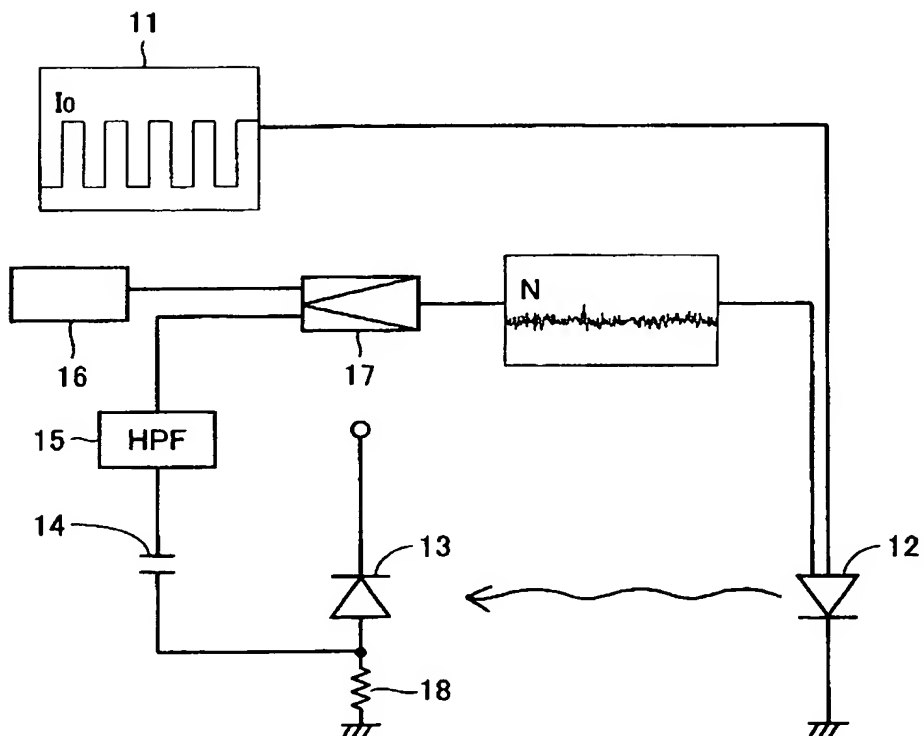
【図 5】



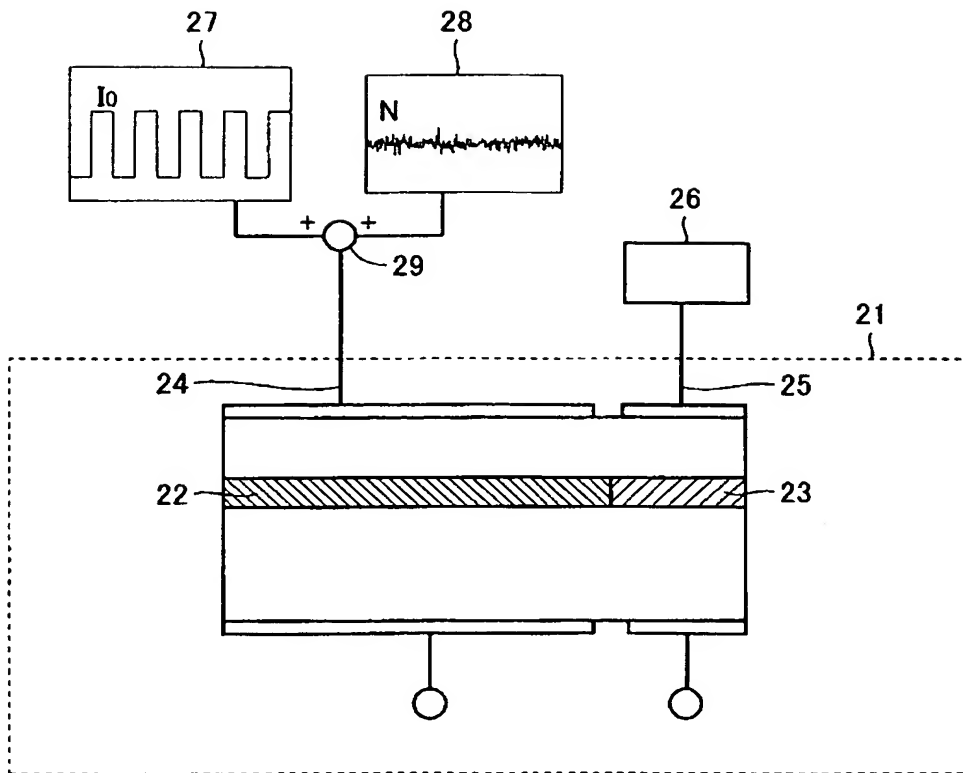
【図 6】



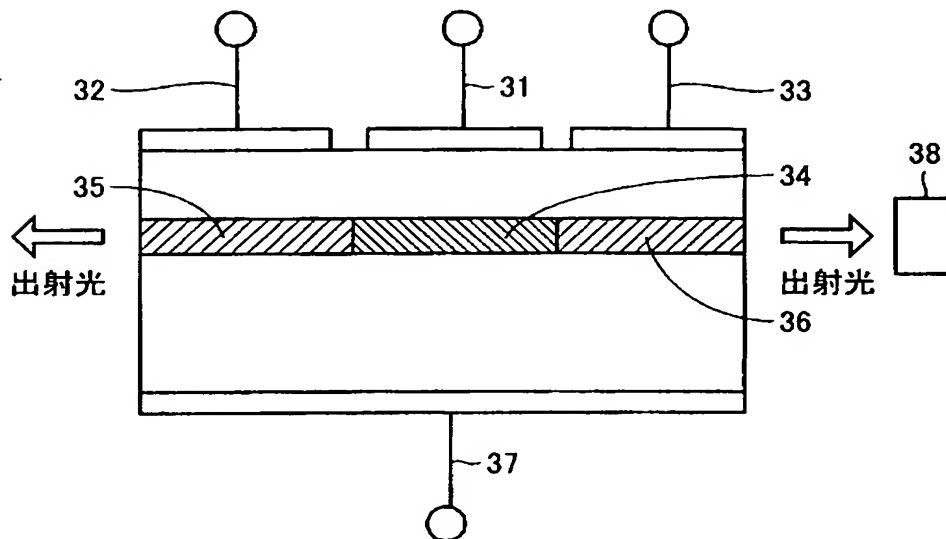
【図 7】



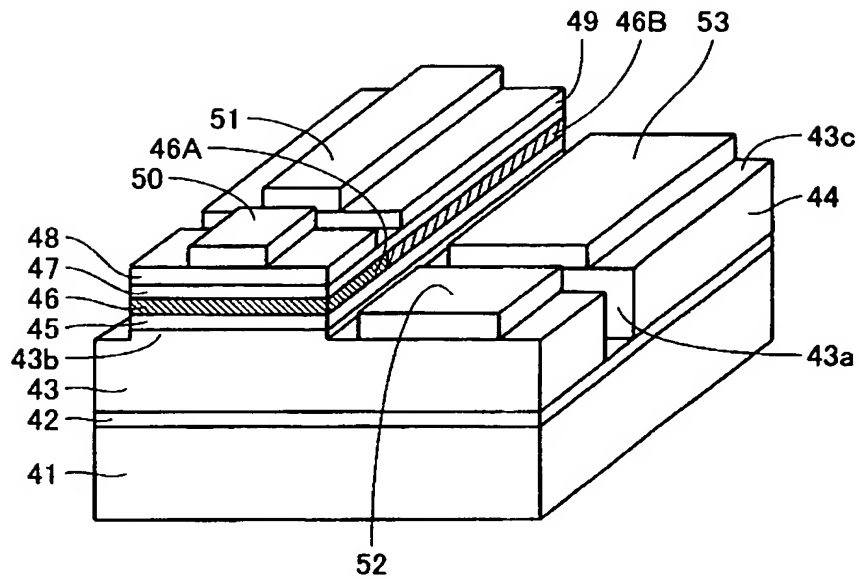
【図 8】



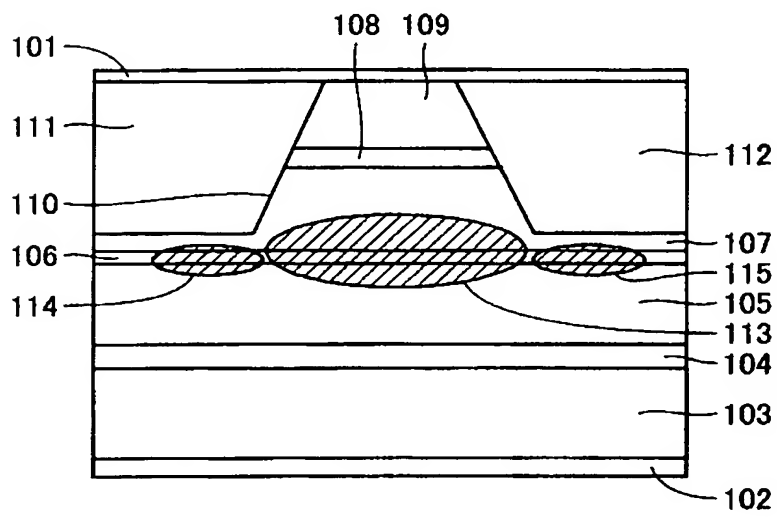
【図 9】



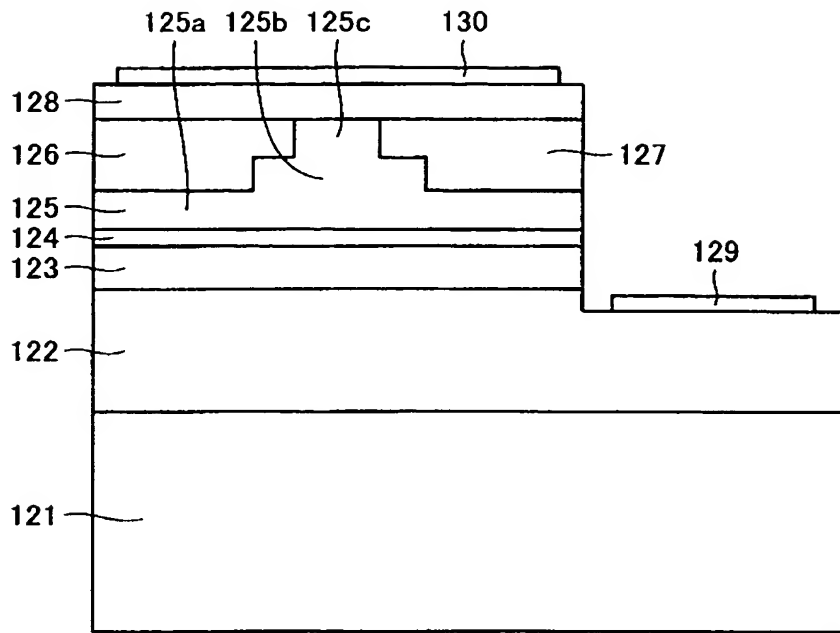
【図 10】



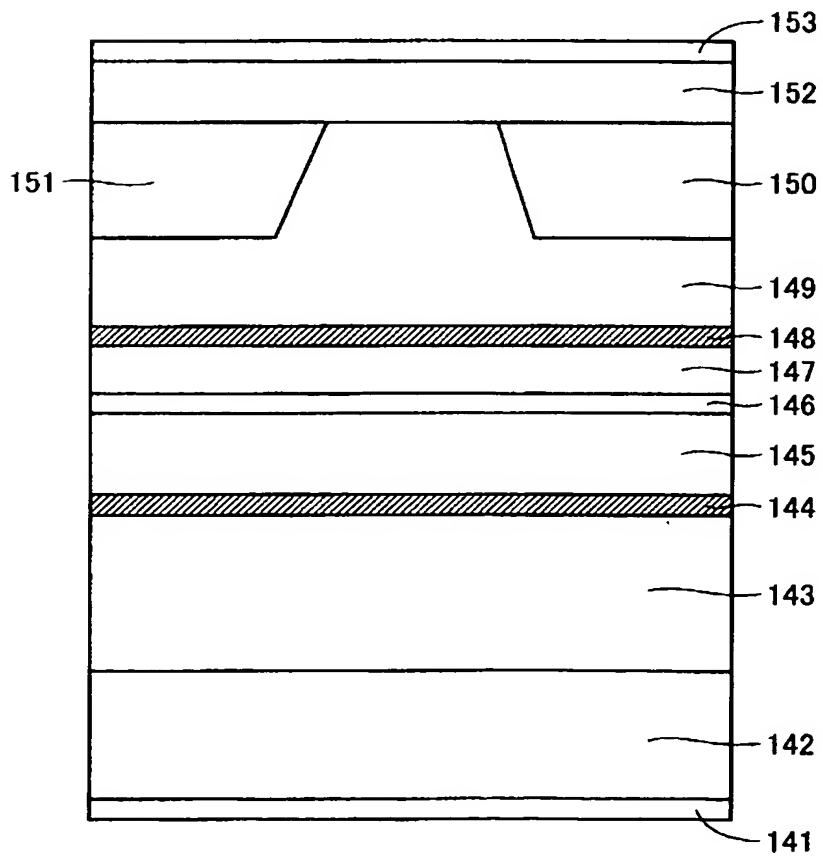
【図 11】



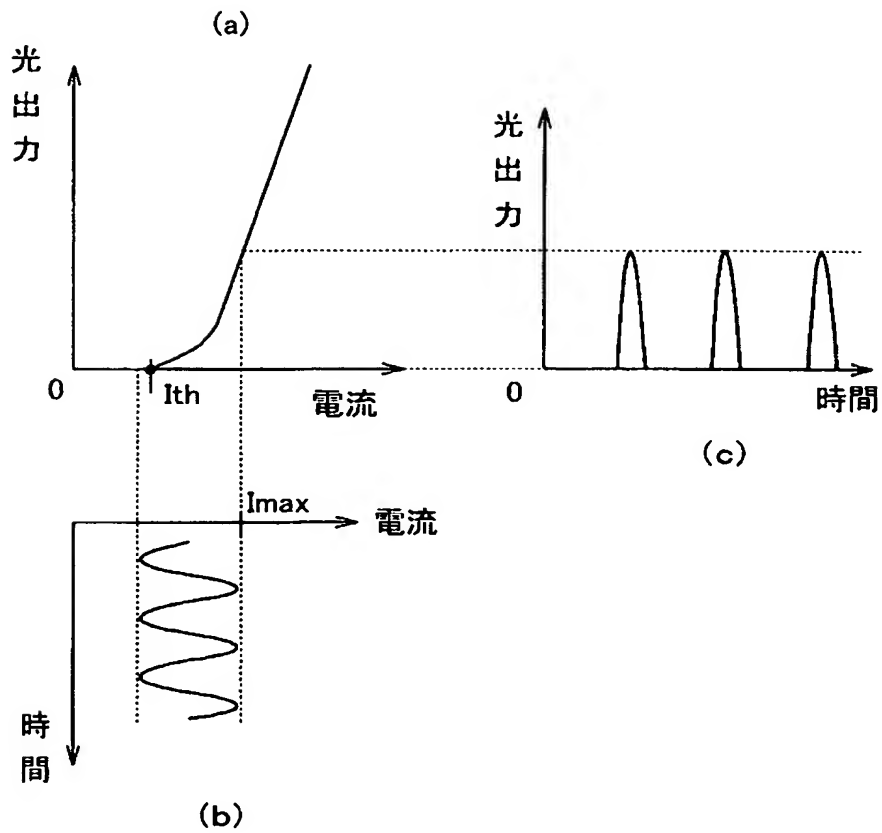
【図 12】



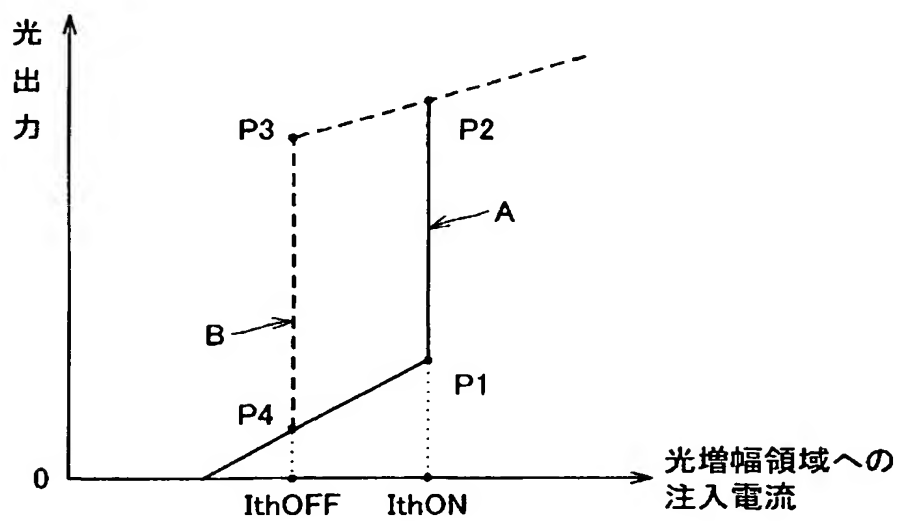
【図 13】



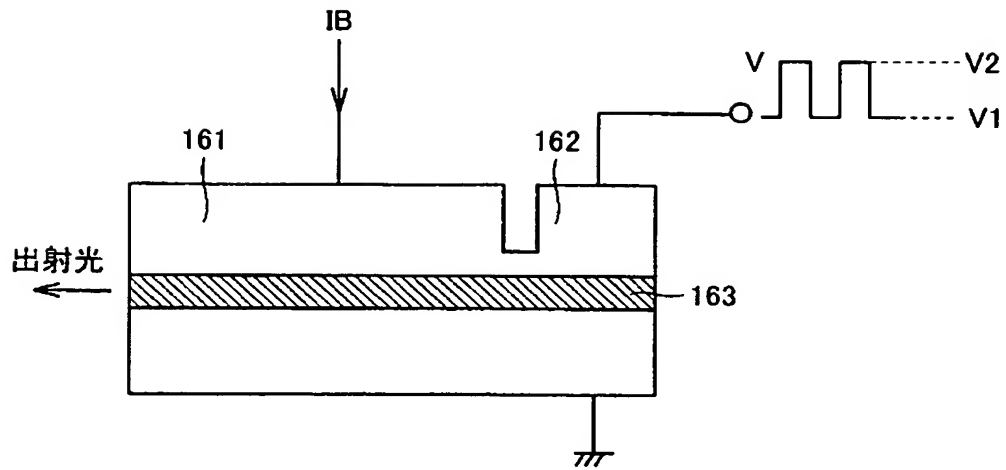
【図 14】



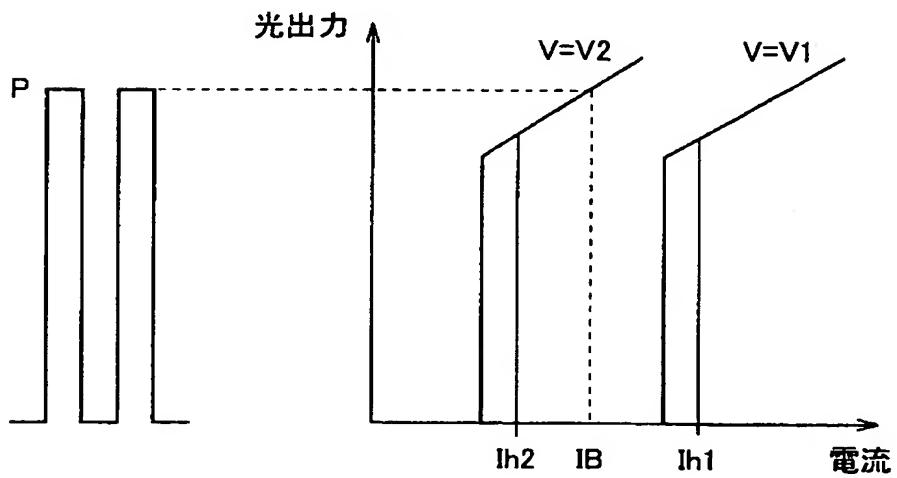
【図 15】



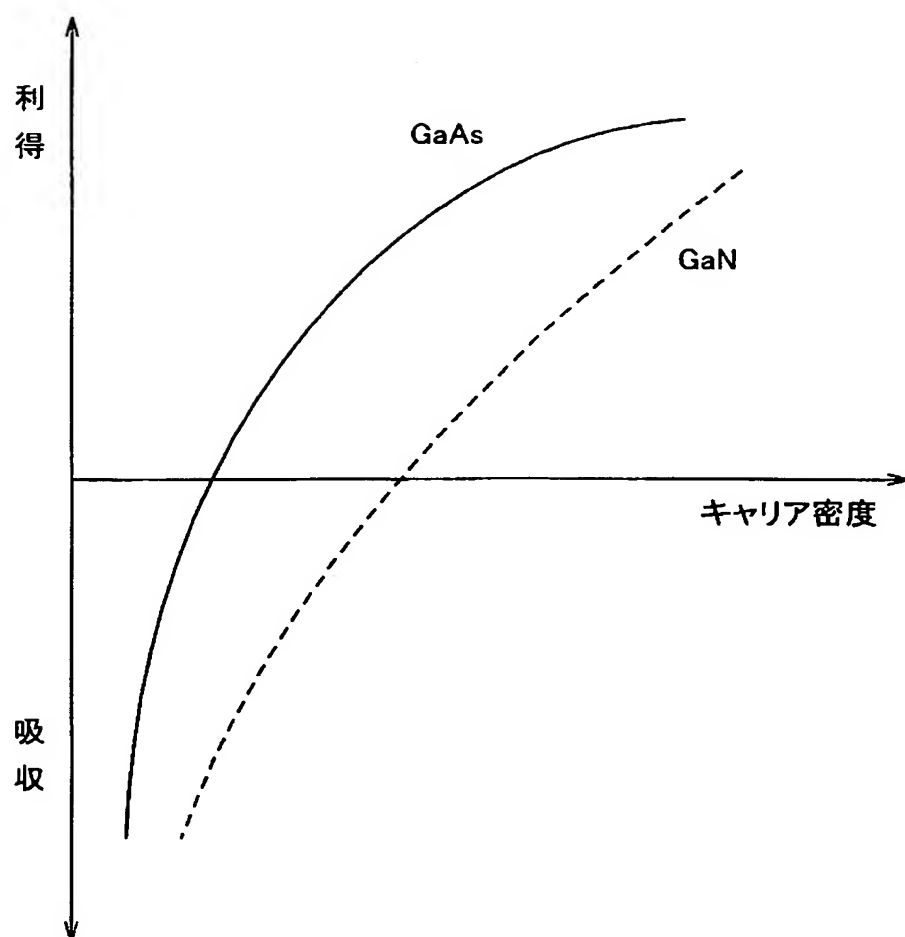
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 素子構造の作製が容易で、かつ消費電力が小さく、戻り光雑音を低減できる半導体レーザ、半導体レーザ駆動装置、および半導体レーザ駆動方法を提供する。

【解決手段】 半導体レーザ素子は、共振器方向において活性層が光増幅領域 3 と可飽和吸収領域 4 との 2 つに分割されている。光増幅領域 3 および可飽和吸収領域 4 は、半導体レーザが双安定状態を満足する条件において作製されている。さらに、光増幅領域 3 および可飽和吸収領域 4 に対して、p 電極 1, 2 がそれぞれ互いに分離独立に形成されており、p 電極 1, 2 に対応して n 電極 5, 6 がそれぞれ設けられている。p 電極 1 から、変調されて雑音が付加された電流 I が注入される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 2 0 6 5 4 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

氏 名

シャープ株式会社